



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 102 05 078 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
H 01 T 13/20
H 01 T 13/32
H 01 T 13/39
H 01 T 21/02

②1 Aktenzeichen: 102 05 078.3
②2 Anmeldetag: 7. 2. 2002
④3 Offenlegungstag: 12. 9. 2002

DE 102 05 078 A 1

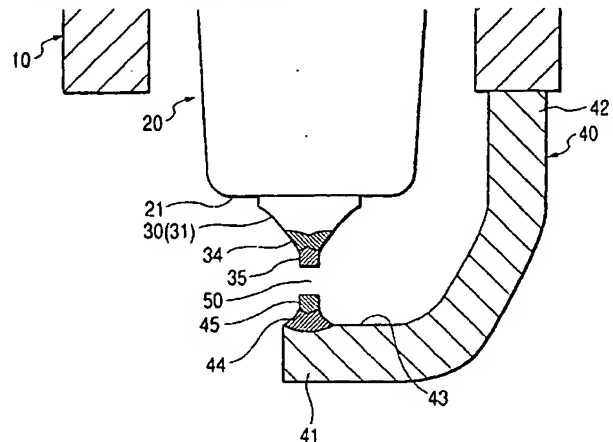
③0 Unionspriorität:
2001-32475 08. 02. 2001 JP
⑦1 Anmelder:
Denso Corp., Kariya, Aichi, JP
⑦4 Vertreter:
Tiedtke, Bühlung, Kinne & Partner GbR, 80336
München

⑦2 Erfinder:
Hori, Tsunenobu, Kariya, Aichi, JP; Kanao, Keiji,
Kariya, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Zündkerzenaufbau mit höherer Haltbarkeit und höherem Kraftstoffzündvermögen

⑤7 Um einen Zündkerzenaufbau mit höherer Haltbarkeit und höherem Kraftstoffzündvermögen zu erzielen, weist eine Zündkerze eine Mittelelektrode (30), eine Masseelektrode (40), ein mit der Mittelelektrodengegenfläche (43) der Masseelektrode durch Laserschweißen verbundenes Edelmetallplättchen (45) und einen Schmelzabschnitt (44) auf, der eine aus miteinander verschmolzenen Materialien der Masseelektrode und des Edelmetallplättchens gebildete Verschweißung des Edelmetallplättchens und der Masseelektrode bildet. Die die Länge des Edelmetallplättchens (45) kreuzende Querschnittsfläche liegt zwischen 0,1 mm² und 0,6 mm². Der nicht geschmolzene Querschnittsflächenprozentanteil, d. h. der Prozentanteil der Querschnittsfläche eines nicht geschmolzenen Abschnitts des verbundenen Endes des Edelmetallplättchens innerhalb eines Bereichs einer die Länge des Edelmetallplättchens kreuzenden Querschnittsfläche des Edelmetallplättchens, die am nächsten an dem Schmelzabschnitt (44) gelegen ist, beträgt höchstens 50%. Der Schmelzwinkel, d. h. der Winkel, der eine entlang der maximalen Tiefe des Schmelzabschnitts (44) durch den Schmelzabschnitt gehende Linie mit der Mittelelektrodengegenfläche (43) der Masseelektrode beschreibt, beträgt höchstens 60°.



DE 102 05 078 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich allgemein auf eine Zündkerze, die in Kraftfahrzeugmotoren eingesetzt werden kann, und insbesondere auf einen verbesserten Zündkerzenaufbau mit einem an eine Masseelektrode geschweißten Edelmetallplättchen sowie ein Herstellungsverfahren dafür, um für eine höhere Haltbarkeit und ein höheres Zündvermögen bei gasförmigem Kraftstoff zu sorgen.

[0002] In der Japanischen Offenlegungsschrift Nr. 52-36237 (entspricht dem am 29. August 1978 erteilten US-Patent Nr. 4,109,633 von Mitsudo et al.) ist eine Zündkerze offenbart, die aus einer Mittelelektrode und einer Masseelektrode besteht, die aus Elektrodenabstützungen vorragen. Die Mittelelektrode und die Masseelektrode sind dünner als die Elektrodenabstützung, um das Zündvermögen eines Luft-Kraftstoff-Gemischs zu verbessern. Das liegt daran, dass dünnere Mittel- und Masseelektroden zu einer geringeren Wärmekapazität führen, wodurch sich die Wirkung, einen Flammenkern zu erlöschen, verringert, und dass durch die aus der Elektrodenabstützung vorragende Masse- und Mittelelektrode zwischen der Mittel- und Masseelektrode ein größerer Zwischenraum entsteht, durch den das Wachstum eines innerhalb eines Funkenspalts erzeugten Flammenkerns unterstützt wird.

[0003] Um ausreichende Verschleißbeständigkeit zu gewährleisten, sind die Mittel- und Masseelektrode aus Edelmetallelementen gebildet, die aus Pt, Pd, Au oder ihren Legierungen bestehen und mit den Elektrodenabstützungen verbunden sind. Aus der angesprochenen Offenlegungsschrift ergibt sich, dass diese Verbindung durch Schweißen, Pressen oder Verkerben nach dem Pressen erzielt werden kann, doch nennt sie keine weiteren Einzelheiten zur Form und zum Aufbau der Verschweißung der Elektroden mit der entsprechenden Elektrodenabstützung.

[0004] In modernen Motoren ist die Temperatur der Verbrennungsumgebung höher, um die Leistung zu steigern und um den Kraftstoffverbrauch und die Abgasemissionen zu senken. In einem solchen Motor ist eine Zündkerze einer intensiven Hitze ausgesetzt, so dass sich die Temperatur der Mittel- und Masseelektrode stark erhöht. Die Elektroden unterliegen daher einer Wärmespannung und Oxidation, was dazu führen kann, dass die Edelmetallplättchen von der Mittel- und Masseelektrode entfernt werden. Dieses Problem verschlimmert sich insbesondere bei der Masseelektrode, da sie sich näher als die Mittelelektrode an dem Zündkerzengehäuse oder der Metallhülle befindet, so dass die Wärmeableitung von der Masseelektrode geringer ist, und da sie eine größere innerhalb der Verbrennungskammer freiliegende Fläche aufweist, so dass ihre Temperatur stärker als die der Mittelelektrode ansteigt.

[0005] Um die Zuverlässigkeit der Verschweißung der Edelmetallplättchen mit der Masse- bzw. Mittelelektrode zu steigern, schlagen die Japanische Offenlegungsschrift Nr. 9-106880 (entspricht dem am 22. September 1998 erteilten und an die Anmelderin dieser Patentanmeldung abgetretenen US-Patent Nr. 5,811,915 von Abe et al.) und die Japanische Offenlegungsschrift Nr. 11-354251 ein verbessertes Schweißverfahren vor. Die erste Druckschrift offenbart, dass das Edelmetallplättchen gegen die Elektrode gepresst wird, so dass sich ein das Edelmetallplättchen umgebender Abschnitt der Elektrode aufstellt, und dass auf den hervortretenden Abschnitt ein Laserstrahl abgestrahlt wird, um das Edelmetall mit der Elektrode zu verbinden. Die letztgenannte Druckschrift offenbart, dass aus einer Ir-Legierung bestehende Edelmetallplättchen auf die jeweilige Elektrode zu setzen und von außerhalb des Edelmetallplättchens einen Laserstrahl abzustrahlen.

[0006] Die Erfinder führten im Vorlauf mehrere Untersuchungen durch und stellten fest, dass die obigen Schweißverfahren mit den Nachteilen verbunden sind, dass sich, wenn zur Erhöhung des Zündvermögens eines gasförmigen Kraftstoffs dünne Edelmetallplättchen verwendet werden, die beispielsweise eine Querschnittsfläche mit einem Bruchteil eines Quadratmillimeters aufweisen, bei der Verschweißung des Edelmetallplättchens mit insbesondere der Masseelektrode nur schwer die gewünschte mechanische Festigkeit gewährleisten lässt, da die Wärmeableitung von der Masseelektrode geringer als von der Mittelelektrode ist, so dass sich ihre Temperatur stärker erhöht als die der Mittelelektrode.

[0007] Die Hauptaufgabe der Erfindung ist es daher, die herkömmlichen Nachteile zu vermeiden.

[0008] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, einen Zündkerzenaufbau und ein Herstellungsverfahren dafür zur Verfügung zu stellen, mit denen sich die Zuverlässigkeit einer Verschweißung eines Edelmetallplättchens mit einer Masseelektrode auch dann verbessern lässt, wenn das Edelmetallplättchen zur Erhöhung des Zündvermögens eines gasförmigen Kraftstoffs aus einem dünnen Element besteht.

[0009] Eine erste Ausgestaltung der Erfindung sieht eine Zündkerze mit höherer Haltbarkeit vor, die in Kraftfahrzeugmotoren eingesetzt werden kann und Folgendes umfasst: (a) eine Mittelelektrode mit einer Spitze; (b) eine Masseelektrode mit einer der Spitze der Mittelelektrode zugewandten Mittelelektrodengegenfläche; (c) ein Edelmetallelement mit einer gegebenen Länge und einem sich über die Länge hinweg gegenüberliegenden ersten und zweiten Ende, das an dem ersten Ende durch Laserschweißen mit der Mittelelektrodengegenfläche der Masseelektrode verbunden ist, so dass das zweite Ende der Spitze der Mittelelektrode über einen Funkenspalt gegenüberliegt; und (d) einen Schmelzabschnitt, der eine aus miteinander verschmolzenen Materialien der Masseelektrode und des Edelmetallelements gebildete Verschweißung des Edelmetallelements und der Masseelektrode bildet. Die die Länge des Edelmetallelements kreuzende Querschnittsfläche beträgt wenigstens $0,1 \text{ mm}^2$ und höchstens $0,6 \text{ mm}^2$. Der nicht geschmolzene Querschnittsflächenprozentanteil, d. h. der Prozentanteil der Querschnittsfläche eines nicht geschmolzenen Abschnitts des ersten Endes des Edelmetallelements innerhalb eines Bereichs einer die Länge des Edelmetallelements kreuzenden Querschnittsfläche des Edelmetallelements, die am nächsten an dem Schmelzabschnitt gelegen ist, beträgt höchstens 50%. Der Schmelzwinkel, d. h. der Winkel, den eine entlang der maximalen Tiefe des Schmelzabschnitts durch den Schmelzabschnitt gehende Linie mit der Mittelelektrodengegenfläche der Masseelektrode beschreibt, beträgt höchstens 60° .

[0010] Wenn bei der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung der Punkt, an dem sich die entlang der maximalen Tiefe des Schmelzabschnitts verlaufende Linie mit der Außenfläche des Schmelzabschnitts schneidet, als Schnittpunkt F definiert wird und der Abstand zwischen dem Schnittpunkt F und der Mittelelektrodengegenfläche der Masseelektrode als Abstand Schnittpunkt-Fläche y definiert wird, befindet sich der Schnittpunkt F innerhalb eines Bereichs von $-0,2 \text{ mm}$ bis $0,3 \text{ mm}$, wobei der Abstand Schnittpunkt-Fläche y einen positiven Wert (+) einnimmt, wenn sich der Schnittpunkt F außerhalb der Mittelelektrodengegenfläche der Masseelektrode befindet, und der Abstand Schnittpunkt-Fläche y einen negativen Wert (-) einnimmt, wenn sich der Schnittpunkt F innerhalb der Mittelelektrodengegenfläche der Masseelektrode befindet. Der Schmelzwinkel beträgt höchstens $(30 + 100y)^\circ$.

[0011] Wenn die Breite des am nächsten am Schmelzab-

schnitt gelegenen Abschnitts des Edelmetallelements als D definiert wird, beträgt die maximale Tiefe des Schmelzabschnitts höchstens 1,4 D.

[0012] Das Edelmetallelement kann entweder aus einem ersten Material, das als Hauptbestandteil wenigstens 50 Gew.-% Pt und zusätzlich Rh, Ir, Os, Ni, W, Pd und/oder Ru enthält, oder aus einem zweiten Material bestehen, das als Hauptbestandteil wenigstens 50 Gew.-% Ir und zusätzlich Rh, Pt, Os, Ni, W, Pd und/oder Ru enthält.

[0013] Eine zweite Ausgestaltung der Erfindung sieht eine Zündkerze vor, die Folgendes umfasst: (a) eine Metallhülle; (b) eine in der Metallhülle von der Metallhülle isoliert gehaltene Mittelelektrode mit einer außerhalb der Metallhülle freiliegenden Spitze; (c) eine an die Metallhülle angeschlossene Masseelektrode, die eine Spitze mit einer der Spitze der Mittelelektrode zugewandten Mittelelektrodengegensitenfläche und einer Endfläche aufweist; und (d) ein Edelmetallelement, das zumindest teilweise in der Endfläche der Masseelektrode eingebettet ist und mit der Masseelektrode durch Laserschweißen über einen Schmelzabschnitt verbunden ist, der eine durch miteinander verschmolzene Materialien der Masseelektrode und des Edelmetallelements gebildete Verschweißung des Edelmetallelements und der Masseelektrode bildet. Das Edelmetallelement weist eine von der Mittelelektrodengegensitenfläche der Masseelektrode zur Mittelelektrode vorragende Spitze auf, so dass zwischen der Spitze des Edelmetallelements und der Spitze der Mittelelektrode ein Funkspalt definiert ist.

[0014] Wenn bei der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung die Breite eines Abschnitts des Edelmetallelements, der dem Schmelzabschnitt in einer zur Endfläche der Masseelektrode senkrechten Richtung am nächsten liegt, als D1 definiert wird, beträgt die Tiefe eines in der Endfläche der Masseelektrode eingebetteten Abschnitts des Edelmetallelements mindestens 0,5 D1.

[0015] Das Edelmetallplättchen hat eine Länge, und die die Länge kreuzende Querschnittsfläche des Edelmetallelements beträgt mindestens 0,1 mm² und höchstens 0,6 mm².

[0016] Wenn die Breite des parallel zur Endfläche der Masseelektrode verlaufenden Abschnitts des Edelmetallelements als D2 definiert wird, die Breite des Schmelzabschnitts als N definiert wird und die maximale Tiefe des Schmelzabschnitts als H definiert wird, beträgt die maximale Tiefe H höchstens 2 D1 und die Breite N höchstens 2,5 D2.

[0017] Die Tiefe eines in der Endfläche der Masseelektrode eingebetteten Abschnitts des Edelmetallelements mindestens 0,5 D1 beträgt.

[0018] Das Edelmetallelement kann entweder aus einem ersten Material, das als Hauptbestandteil mindestens 50 Gew.-% Pt und zusätzlich Rh, Ir, Os, Ni, W, Pd und/oder Ru enthält, oder aus einem zweiten Material bestehen, das als Hauptbestandteil mindestens 50 Gew.-% Ir und zusätzlich Rh, Pt, Os, Ni, W, Pd und/oder Ru enthält.

[0019] Eine dritte Ausgestaltung der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze vor, das die Schritte umfasst: (a) Anfertigen einer Mittelelektrode; (b) Platzieren einer Masseelektrode, so dass sie eine Mittelelektrodengegensitenfläche hat, die der Mittelelektrode über einen Funkspalt zugewandt ist; (c) Anfertigen eines Edelmetallelements mit einer Länge und einem sich über die Länge hinweg gegenüberliegenden ersten und zweiten Ende; und (d) Verbinden des Edelmetallelements an dem ersten Ende mit der Mittelelektrodengegensitenfläche der Masseelektrode durch Abstrahlen eines Laserstrahls aus einer zur Mittelelektrodengegensitenfläche diagonalen Richtung zu einer Ecke hin, die durch eine sich von dem ersten Ende fortsetzenden Seitenwand des Edelmetallelements und der Mittelelektro-

dengegensitenfläche der Masseelektrode definiert wird, um einen Abschnitt des Edelmetallelements und einen Abschnitt der Masseelektrode aufzuschmelzen, wodurch zwischen dem Edelmetallelement und der Masseelektrode eine Verschweißung gebildet wird.

[0020] Eine vierte Ausgestaltung der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze vor, das die Schritte umfasst: (a) Anfertigen eines Aufbaus aus einer Mittelelektrode und einer Masseelektrode, bei dem die Mittelelektrode elektrisch isoliert innerhalb einer Metallhülle mit einer aus der Metallhülle vorragenden Spitze eingebaut ist und die Masseelektrode an der Metallhülle mit einer Spitze angebracht ist, die eine der Spitze der Mittelelektrode zugewandte Mittelelektrodengegensitenfläche und eine Endfläche aufweist; (b) Ausbilden einer Vertiefung in der Endfläche der Masseelektrode; und (c) Einbetten eines Edelmetallelements, so dass es zumindest teilweise in der Vertiefung in der Endfläche der Masseelektrode mit einer von der Mittelelektrodengegensitenfläche der Masseelektrode zur Spitze der Mittelelektrode vorragenden Spitze eingebettet ist, und Verbinden des Edelmetallelements mit der Masseelektrode durch Laserschweißen, um einen Schmelzabschnitt, d. h. eine sich aus miteinander verschmolzenen Materialien der Masseelektrode und des Edelmetallelements zusammensetzende Verschweißung des Edelmetallelements und der Masseelektrode, auszubilden.

[0021] Weitere Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele, die jedoch nur der Erläuterung und dem Verständnis dienen und nicht als Einschränkung der Erfindung verstanden werden sollen. Die Beschreibung erfolgt anhand der beigefügten Zeichnungen, die Folgendes zeigen:

[0022] Fig. 1 eine Teilschnittansicht einer Zündkerze gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0023] Fig. 2 einen vergrößerten Abschnitt der Spitzen einer Masse- und einer Mittelelektrode der Zündkerze von Fig. 1;

[0024] Fig. 3(a) eine Seitenansicht eines mit einer Masseelektrode zu verschweißenden Edelmetallplättchens;

[0025] Fig. 3 (b) eine Draufsicht auf Fig. 3(a);

[0026] Fig. 3(c) eine Seitenansicht des Edelmetallplättchens von Fig. 3(a), nachdem es mit der Masseelektrode verschweißt wurde;

[0027] Fig. 3(d) eine Draufsicht auf Fig. 3(c);

[0028] Fig. 4(a) eine Seitenansicht mit einer abgewandelten Form eines Schweißverfahrens zur Laserverschweißung eines Edelmetallplättchens mit einer Masseelektrode;

[0029] Fig. 4(b) eine Draufsicht auf Fig. 4(a);

[0030] Fig. 5(a) eine vergrößerte Ansicht des Verbindungsaufbaus eines Edelmetallplättchens und einer Masseelektrode;

[0031] Fig. 5(b) eine Schnittansicht entlang der Linie P-P in Fig. 5(a);

[0032] Fig. 6 eine vergrößerte Ansicht mit den Abmessungen von zwischen einem Edelmetallplättchen und einer Masseelektrode ausgebildeten Laserschmelzabschnitten;

[0033] Fig. 7 eine grafische Darstellung eines Zusammenhangs zwischen dem Ablöseprozentanteil eines nach Haltbarkeitsprüfungen abgelösten Abschnitts der Grenzfläche zwischen einem Edelmetallplättchen und einer Masseelektrode und einem wie Fig. 5(a) gezeigten Schmelzwinkel α für verschiedene Werte des Prozentanteils der nicht geschmolzenen Querschnittsfläche der Grenzfläche;

[0034] Fig. 8 eine grafische Darstellung eines Zusammenhangs zwischen einem Ablöseprozentanteil der Grenzfläche zwischen einem Edelmetallplättchen und einer Masseelektrode und der am nächsten an dem Schmelzabschnitt gelegenen Querschnittsfläche des Edelmetallplättchens;

[0035] Fig. 9 eine grafische Darstellung eines Zusammenhangs zwischen einem Ablöseprozentanteil der Grenzfläche zwischen einem Edelmetallplättchen und einer Masselektrode und einem wie in Fig. 5(a) gezeigten Schmelzwinkel α für verschiedene Abstandswerte zwischen dem Mittelpunkt von Schmelzabschnitten und der Oberfläche der Masselektrode;

[0036] Fig. 10 eine grafische Darstellung eines Zusammenhangs zwischen einem Ablöseprozentanteil der Grenzfläche zwischen einem Edelmetallplättchen und einer Masselektrode und einer wie in Fig. 5(a) gezeigten Aufschmelztiefe H für verschiedene Breitenwerte des Edelmetallplättchens;

[0037] Fig. 11(a) eine Seitenansicht eines mit einer Masselektrode zu verschweißenden Edelmetallplättchens bei einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0038] Fig. 11(b) eine Draufsicht auf Fig. 11(a);

[0039] Fig. 11(c) eine Seitenansicht des Edelmetallplättchens von Fig. 11(a), nachdem es mit der Masselektrode verschweißt wurde;

[0040] Fig. 11(d) eine Draufsicht auf Fig. 11(c);

[0041] Fig. 12(a) eine vergrößerte Ansicht einer Verbindungsstelle eines Edelmetallplättchens und einer Masselektrode;

[0042] Fig. 12(b) eine quer verlaufende Schnittansicht der Verbindungsstelle des Edelmetallplättchens und der Masselektrode von Fig. 12(a);

[0043] Fig. 13 eine grafische Darstellung eines Zusammenhangs zwischen der mechanischen Festigkeit einer Verbindungsstelle zwischen einem Edelmetallplättchen und einer Masselektrode und der Tiefe eines Abschnitts des Edelmetallplättchens, der in einer in der Masselektrode ausgebildeten Vertiefung eingebettet ist;

[0044] Fig. 14 eine vergrößerte Ansicht der Grenzfläche zwischen einem Edelmetallplättchen und Schmelzabschnitten;

[0045] Fig. 15 eine grafische Darstellung eines Zusammenhangs zwischen einem Ablöseprozentanteil der Grenzfläche zwischen einem Edelmetallplättchen und einer Masselektrode und einer wie in Fig. 12(b) gezeigten Plättchenquerschnittsfläche A';

[0046] Fig. 16 eine grafische Darstellung eines Zusammenhangs zwischen einem Ablöseprozentanteil der Grenzfläche zwischen einem Edelmetallplättchen und einer Masselektrode und einer wie in Fig. 12(b) gezeigten maximalen Aufschmelzbreite N für verschiedene Werte einer wie in Fig. 12(a) gezeigten Aufschmelztiefe H;

[0047] Fig. 17(a) eine Seitenansicht eines durch bei unterschiedlichen Winkeln abgestrahlten Laserstrahlen mit einer Masselektrode zu verschweißenden Edelmetallplättchens bei einer abgewandelten Form des ersten Ausführungsbeispiels;

[0048] Fig. 17(b) eine Draufsicht auf Fig. 17(a);

[0049] Fig. 17(c) eine Seitenansicht des Edelmetallplättchens von Fig. 17(a), nachdem es mit der Masselektrode verschweißt wurde;

[0050] Fig. 17(d) eine Draufsicht auf Fig. 17(c);

[0051] Fig. 18(a) eine Seitenansicht eines durch bei unterschiedlichen Winkeln abgestrahlten Laserstrahlen mit einer Masselektrode zu verschweißenden Edelmetallplättchens bei einer zweiten abgewandelten Form des ersten Ausführungsbeispiels;

[0052] Fig. 18(b) eine Draufsicht auf Fig. 18(a);

[0053] Fig. 18(c) eine Seitenansicht des Edelmetallplättchens von Fig. 18(c), nachdem es mit der Masselektrode verschweißt wurde;

[0054] Fig. 18(d) eine Draufsicht auf Fig. 18(c);

[0055] Fig. 19(a) eine Seitenansicht eines durch bei ver-

schiedenen Winkeln abgestrahlten Laserstrahlen mit einer Masselektrode zu verschweißenden Edelmetallplättchens bei einer dritten abgewandelten Form des ersten Ausführungsbeispiels;

[0056] Fig. 19(b) eine Draufsicht auf Fig. 19(a);

[0057] Fig. 19(c) eine Seitenansicht des Edelmetallplättchens von Fig. 19(a), nachdem es mit der Masselektrode verschweißt wurde;

[0058] Fig. 19(d) eine Draufsicht auf Fig. 19(c);

[0059] Fig. 20(a) eine Seitenansicht des Verbindungsaufbaus zwischen einem Edelmetallplättchen und einer Masselektrode bei einer abgewandelten Form des ersten Ausführungsbeispiels;

[0060] Fig. 20(b) eine Draufsicht auf Fig. 20(a);

[0061] Fig. 20(c) eine Seitenansicht des Edelmetallplättchens von Fig. 20(a), nachdem es mit der Masselektrode verschweißt wurde;

[0062] Fig. 20(d) eine Draufsicht auf Fig. 20(c);

[0063] Fig. 21(a) eine Seitenansicht des Verbindungsaufbaus zwischen einem Edelmetallplättchen und einer Masselektrode bei einer zweiten abgewandelten Form des ersten Ausführungsbeispiels;

[0064] Fig. 21(b) eine Draufsicht auf Fig. 21(a);

[0065] Fig. 21(c) eine Seitenansicht des Edelmetallplättchens von Fig. 21(a), nachdem es mit der Masselektrode verschweißt wurde;

[0066] Fig. 21(d) eine Draufsicht auf Fig. 21(c);

[0067] Fig. 22(a) eine Seitenansicht eines mit einer Masselektrode zu verschweißenden Edelmetallplättchens mit abgewandelter Form;

[0068] Fig. 22(b) eine Draufsicht auf Fig. 22(a);

[0069] Fig. 22(c) eine Seitenansicht des Edelmetallplättchens von Fig. 22(a), nachdem es mit der Masselektrode verschweißt wurde;

[0070] Fig. 22(d) eine Draufsicht auf Fig. 22(c);

[0071] die Fig. 23(a), 23(b), 23(c), 23(d) und 23(e) Abwandlungen einer Vertiefung, in der bei dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung ein Edelmetallplättchen eingebettet wird;

[0072] Fig. 24(a) eine Seitenansicht eines gegenüber dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung abgewandelten Verfahrens zum Verschweißen eines Edelmetallplättchens mit einer Masselektrode unter Verwendung eines einzelnen Laserstrahls;

[0073] Fig. 24(b) eine Draufsicht auf Fig. 24(a);

[0074] Fig. 24(c) eine Seitenansicht des Edelmetallplättchens von Fig. 24(a), nachdem es mit der Masselektrode verschweißt wurde;

[0075] Fig. 24(d) eine Schnittansicht quer zu Fig. 24(c);

[0076] Fig. 25(a) eine Seitenansicht eines zweiten gegenüber dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung abgewandelten Verfahrens zum Verschweißen eines Edelmetallplättchens mit einer Masselektrode unter Verwendung eines einzelnen Laserstrahls;

[0077] Fig. 25(b) eine Draufsicht auf Fig. 25(a);

[0078] Fig. 25(c) eine Seitenansicht des Edelmetallplättchens von Fig. 25(a), nachdem es mit der Masselektrode verschweißt wurde;

[0079] Fig. 25(d) eine Schnittansicht quer zu Fig. 25(c);

[0080] Fig. 26(a) eine Seitenansicht einer gegenüber dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung abgewandelten Form einer Masselektroden spitze, mit der ein Edelmetallplättchen verschweißt wird;

[0081] Fig. 26(b) eine Seitenansicht einer Verbindungsstelle zwischen dem in Fig. 26(a) gezeigten Edelmetallplättchen und der Masselektrode nach dem Laserschweißen;

[0082] Fig. 26(c) eine Seitenansicht einer zweiten gegenüber dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung abge-

wandelten Form einer Masseelektroden Spitze, mit der ein Edelmetallplättchen verschweißt wird;

[0083] Fig. 26(d) eine Seitenansicht einer Verbindungsstelle zwischen dem in Fig. 26(c) gezeigten Edelmetallplättchen und der Masseelektrode nach dem Laserschweißen;

[0084] die Fig. 27(a), 27(b), 27(c) und 27(d) gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung abgewandelte Formen einer Masseelektroden Spitze, die die auf eine Verbindungsstelle zwischen dem Edelmetallplättchen und der Masseelektrode aufgebrachte Wärmespannung verringern sollen;

[0085] die Fig. 27(e), 27(f), 27(g) und 27(h) gegenüber dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung abgewandelte Formen einer Masseelektroden Spitze, die die auf eine Verbindungsstelle zwischen dem Edelmetallplättchen und der Masseelektrode aufgebrachte Wärmespannung verringern sollen;

[0086] Fig. 28(a) eine Teilschnittansicht eines gegenüber dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung abgewandelten Innenaufbaus einer Masseelektrode;

[0087] Fig. 28(b) eine Teilschnittansicht gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung abgewandelten Innenaufbaus einer Masseelektrode;

[0088] Fig. 29(a) eine Teilseitenansicht einer gegenüber dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung abgewandelten Masseelektrode, bei der die Biegung der Masseelektrode geringer ist; und

[0089] Fig. 29(b) eine Teilseitenansicht einer gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung abgewandelten Masseelektrode, bei der die Biegung der Masseelektrode kleiner ist.

[0090] In den Zeichnungen, in denen sich in verschiedenen Ansichten gleiche Bezugszeichen auf gleiche Teile beziehen, ist insbesondere in Fig. 1 eine Zündkerze 100 gezeigt, die in Verbrennungsmotoren von Kraftfahrzeugen verwendet werden kann.

[0091] Die Zündkerze 100 hat eine zylinderförmige Metallhülle (Gehäuse) 10, einen Porzellanisolator 20, eine Mittelelektrode 30 und eine Masseelektrode 40. Die Metallhülle 10 besteht aus leitendem Stahl, etwa aus einem Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt, und weist in sich eingeschnitten ein Gewinde 11 zur Befestigung der Zündkerze 100 in einem (nicht gezeigten) Motorblock auf. Der aus einer Aluminiumoxidkeramik (Al_2O_3) bestehende Porzellanisolator 20 wird innerhalb der Metallhülle gehalten und weist eine innerhalb der Metallhülle 10 freiliegende Spitze 21 auf.

[0092] Die Mittelelektrode 30 ist in einer zentralen Kammer 22 des Porzellanisolators 20 befestigt und elektrisch gegenüber der Metallhülle 10 isoliert. Die Mittelelektrode 30 hat eine Spitze 31, die aus der Spitze 21 des Porzellanisolators 20 vorragt. Die Mittelelektrode 30 wird von einem zylinderförmigen Element gebildet, das aus einem Kernabschnitt aus einem Metallwerkstoff wie Cu mit höherer Wärmeleitfähigkeit und einem Außenabschnitt aus einem Metallwerkstoff wie einer Legierung auf Ni-Basis mit höherem Wärme- und Korrosionswiderstand besteht.

[0093] Die Masseelektrode 40 wird von einer prismatischen Stange aus einer Ni-Legierung gebildet, deren Hauptbestandteil Nickel ist, und ist an ihrem Fuß 42 direkt mit einem Ende der Metallhülle 10 verschweißt. Wie in Fig. 2 deutlich zu erkennen ist, ist die Masseelektrode 40 L-förmig gebogen, so dass sie eine Spitze 41 aufweist, die an ihrer inneren Seitenfläche 43 der Spitze 31 der Mittelelektrode 30 über einen Funkspalt 50 hinweg zugewandt ist. Wie nachstehend ausführlicher beschrieben ist, sind mit der Endfläche der Spitze 31 der Mittelelektrode 30 bzw. mit der inneren Seitenfläche 43 der Masseelektrode 40 durch Laserschweißen Edelmetallplättchen 35 und 45 verbunden. Das

Laserschweißen führt zur Ausbildung von Schmelzabschnitten 34 und 44. Die Schmelzabschnitte 34 werden von miteinander verschmolzenen Materialien der Mittelelektrode 30 und des Edelmetallplättchens 35 gebildet. Die Schmelzabschnitte 44 werden entsprechend von miteinander verschmolzenen Materialien der Masseelektrode 40 und des Edelmetallplättchens 45 gebildet. Die Edelmetallplättchen 35 und 45 werden jeweils von einem zylinderförmigen Element gebildet und sind an einem ihrer Enden mit entweder der Mittel- oder der Masseelektrode 30 und 40 laserververschweißt. Der Funkspalt 50 wird durch einen Zwischenraum zwischen den Plättchen 35 und 45 definiert, der beispielsweise 1 mm groß sein kann.

[0094] Die Plättchen 35 und 45 bestehen jeweils aus einem Edelmetall wie Pt, einer Pt-Legierung, Ir oder einer Ir-Legierung. So kann z. B. ein Material verwendet werden, das als Hauptbestandteil mindestens 50 Gew.-% Ir und zusätzlich Rh (Rhodium), Pt (Platin), Ru (Ruthenium), Pd (Palladium) und/oder W (Wolfram) enthält. Bei diesem Ausführungsbeispiel bestehen die Plättchen 35 und 45 jeweils aus einer (nachstehend als Ir-10Rh-Legierung bezeichneten) Ir-Legierung mit 90 Gew.-% Ir und 10 Gew.-% Rh.

[0095] Die Zündkerze 100 kann auf bekannte Weise hergestellt werden, wobei jedoch die Verbindung des Edelmetallplättchens 42 mit der Spitze 43 der Masseelektrode 40 bei diesem Ausführungsbeispiel durch ein neuartiges Laserschweißverfahren erreicht wird, das nachstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 3(a) bis 4(b) diskutiert wird. Die Pfeile LZ in den Fig. 3(a), 3(b), 4(a), 4(b) geben die Abstrahlrichtung der Laserstrahlen an.

[0096] Wie in den Fig. 3(a) und 4(a) gezeigt ist, wird das zylinderförmige Edelmetallplättchen 45 zunächst an einem seiner Enden auf die innere Seitenfläche 43 der Masseelektrode 40 gesetzt. Wie in den Fig. 3(a), 3(b), 4(a) und 4(b) gezeigt ist, werden anschließend um eine Ecke 45b herum, die von einer Seitenfläche 45a des Edelmetallplättchens 45 und der inneren Seitenfläche 43 der Spitze 41 der Masseelektrode 40 gebildet wird, von einer zu der Seitenfläche 45a und der inneren Seitenfläche 43 schräg verlaufenden Richtung aus Laserstrahlen abgestrahlt, um die Berührungsabschnitte des Edelmetallplättchens 45 und der Spitze 41 der Masseelektrode 40 aufzuschmelzen. Dies führt, wie in den Fig. 3(c) und 3(d) gezeigt ist, zur Ausbildung der Schmelzabschnitte 44, die sich aus den miteinander verschmolzenen Materialien des Plättchens 45 und der Masseelektrode 40 zusammensetzen. Die Schmelzabschnitte 45 überlappen sich teilweise um das Plättchen 45 herum.

[0097] Das in den Fig. 3(a) und 3(b) dargestellte Laserschweißen erfolgt, indem bei festgesetzten Winkelabständen (d. h. 40°) sechs Laserstrahlen gleichzeitig auf die Ecke 45b abgestrahlt werden, ohne sie zu bewegen, während das in den Fig. 4(a) und 4(b) dargestellte Laserschweißen erfolgt, indem bei einem Winkelabstand von 40° sechsmal ein Laserstrahl auf die Ecke 45b abgestrahlt wird, während das Plättchen 45 und die Masseelektrode 40 gemeinsam um eine Längsachse des Plättchens 45 gedreht werden. Die Anzahl der Laserpunkte kann als Funktion der Größe oder Form des Plättchens 45 bestimmt werden.

[0098] Fig. 5(a) ist eine vergrößerte Ansicht der Fig. 2 und 3(c), die die um das Edelmetallplättchen 45 herum ausgebildeten Schmelzabschnitte 44 zeigt. Fig. 5(b) ist eine Schnittansicht entlang der P-P in Fig. 5(a), die die Grenzfläche zwischen dem Ende des Plättchens 45 und der inneren Seitenfläche 43 der Masseelektrode 40 zeigt. Die gestrichelten Linien in Fig. 5(a) geben die Umrisse des Plättchens 45 und der inneren Seitenfläche 43 vor dem Schweißen an.

[0099] Das Edelmetallplättchen 45 hat eine gegebene

Länge und eine gegebene seitliche Querschnittsfläche (d. h. in diesem Ausführungsbeispiel eine kreisförmige, quer verlaufende Fläche) von $0,1 \text{ mm}^2$ bis $0,6 \text{ mm}^2$. In der folgenden Diskussion wird die Querschnittsfläche eines am nächsten an den Schmelzabschnitten 44 gelegenen Abschnitts des Edelmetallplättchens 45 wie in Fig. 5(a) gezeigt als A definiert (und im Folgenden als schmelzabschnittsnahe Querschnittsfläche bezeichnet). An der Grenzfläche des Edelmetallplättchens 45 (d. h. an der Querschnittsfläche P-P) ist ein nicht geschmolzener Abschnitt 46 vorhanden, der dem Abschnitt des Edelmetallplättchens 45 entspricht, der mit der inneren Seitenfläche 43 der Masselektrode 40 unverschmolzen blieb.

[0100] Bei diesem Ausführungsbeispiel beträgt der (nachstehend als nicht geschmolzener Querschnittsflächenprozentanteil bezeichnete) Prozentanteil C der Querschnittsfläche B des nicht geschmolzenen Abschnitts 46 innerhalb des durch die gestrichelte Linie in Fig. 5(b) gekennzeichneten Bereichs der schmelzabschnittsnahen Querschnittsfläche A des Edelmetallplättchens 45 höchstens 50% (d. h. $C = 100 B/A \% \leq 50\%$). Der (nachstehend als Schmelzwinkel bezeichnete) Winkel α , den die wie in Fig. 5(a) gezeigte, sich entlang der maximalen Aufschmelztiefe H jedes Schmelzabschnitts 44 erstreckende Linie mit der inneren Seitenfläche 43 der Spitze 41 der Masselektrode 40 bildet, beträgt höchstens 40° ($\alpha \leq 40^\circ$). Wenn der Punkt, an der sich die in Richtung der maximalen Aufschmelztiefe H jedes Schmelzabschnitts 44 verlaufende Linie wie in Fig. 5(a) gezeigt mit der Außenfläche des Schmelzabschnitts 44 schneidet, als F (nachstehend als zentraler Aufschmelzpunkt bezeichnet) definiert wird und der Abstand zwischen dem zentralen Aufschmelzpunkt F und der inneren Seitenfläche 43 der Masselektrode 40 als y (nachstehend als Abstand des zentralen Aufschmelzpunkts bezeichnet) definiert wird, befindet sich die Lage des zentralen Aufschmelzpunkts F als Funktion des Abstands des zentralen Aufschmelzpunkts y ausgedrückt vorzugsweise zwischen $-0,2 \text{ mm}$ und $0,3 \text{ mm}$ (d. h. $-0,2 \text{ mm} \leq y \leq 0,3 \text{ mm}$). Dabei wird seine Lage als positiver Wert (+) und negativer Wert (-) ausgedrückt, wenn sich der zentrale Aufschmelzpunkt F in Fig. 5(a) oberhalb bzw. unterhalb der inneren Seitenfläche 43 befindet, und wird seine Lage mit 0 mm definiert, wenn der zentrale Aufschmelzpunkt F auf der inneren Seitenfläche 43 liegt. Der Schmelzwinkel α liegt bezogen auf den Abstand des zentralen Aufschmelzpunkts y zwischen dem zentralen Aufschmelzpunkt F und der inneren Seitenfläche 43 der Masselektrode 40 vorzugsweise innerhalb eines Bereichs von $(30 + 100y)^\circ$ oder weniger. Wenn darüber hinaus die Breite (d. h. bei diesem Ausführungsbeispiel der Durchmesser) der Querschnittsfläche A als D definiert wird, ist die maximale Aufschmelztiefe H jedes Schmelzabschnitts 44 vorzugsweise höchstens 1,4mal so groß wie die Breite D ($H \leq 1,4D$).

[0101] Die oben beschriebenen Abmessungsvorgaben dienen dazu, die bei der Verschweißung des Edelmetallplättchens 45 und der Masselektrode 40 auftretende Wärmespannung zu senken, und gehen auf folgende Untersuchungen zurück. Es wurden mehrere Haltbarkeitsprüfungen mit Zündkerzenprobekörpern durchgeführt, die in einen Sechszylindermotor mit 2000 ccm Hubraum eingebaut wurden. Der Motor lief eine Minute lang im Leerlauf und dann eine Minute lang bei voller Geschwindigkeit mit 4000 U/min. Dieser Zyklus wurde 100 Stunden lang wiederholt. Nach den Haltbarkeitsprüfungen wurde die Haltbarkeit der Zündkerzenprobekörper wie folgt im Hinblick auf den Prozentanteil eines Ablöseabschnitts der Grenzfläche zwischen dem Edelmetallplättchen 45 und jedem Schmelzabschnitt 44 (nachstehend als Ablöseprozentanteil Plättchen-Schmelzab-

schnitt bezeichnet) und den Prozentanteil eines Ablöseabschnitts der Grenzfläche zwischen jedem Schmelzabschnitt und der Masselektrode 40 (nachstehend als Ablöseprozentanteil Schmelzabschnitt-Elektrode bezeichnet) beurteilt.

[0102] Der Ablöseprozentanteil Plättchen-Schmelzabschnitt ist durch $\{(b1 + b2)/(a1 + a2)\} \times 100(\%)$ gegeben. Der Ablöseprozentanteil Schmelzabschnitt-Elektrode ist durch $\{(d1 + d2)/(c1 + c2)\} \times 100(\%)$ gegeben. Wie in Fig. 6 gezeigt ist, geben $a1$ und $a2$ die Länge der Grenzflächen zwischen den Schmelzabschnitten 44 und dem Edelmetallplättchen 45 und $c1$ und $c2$ die Längen der Grenzflächen zwischen den Schmelzabschnitten 44 und der inneren Seitenfläche 43 der Masselektrode 40 an. $b1$, $b2$, $d1$ und $d2$ geben jeweils die Länge der Ablöseabschnitte der Grenzflächen an. Die Längen und Formen der abgelösten Abschnitte lassen sich mit Hilfe eines metallografischen Mikroskops untersuchen. Für den Ablöseprozentanteil wurde dann der größere Wert des Ablöseprozentanteils Plättchen-Schmelzabschnitt und des Ablöseprozentanteils Schmelzabschnitt-Elektrode gewählt, um die Haltbarkeit oder Verbindungsstellenfestigkeit der Verschweißung zwischen dem Edelmetallplättchen 45 und der Masselektrode 40 jedes Zündkerzenprobekörpers zu beurteilen.

[0103] Fig. 7 stellt die Auswirkungen des nicht geschmolzenen Querschnittsflächenprozentanteils C und des Schmelzwinkels α auf die mechanische Festigkeit der Verschweißung zwischen dem Edelmetallplättchen 45 und der Masselektrode 40 dar. Das bei den Zündkerzenprobekörpern verwendete Edelmetallplättchen 45 bestand aus einem zylinderförmigen Element aus Ir-10Rh-Legierung mit einem Durchmesser D von $0,36 \text{ mm}$ (schmelzabschnittsnahe Querschnittsfläche $A = 0,1 \text{ mm}^2$) und einer wie in Fig. 3(a) angegebenen Länge L von $0,8 \text{ mm}$. Die Masselektrode 40 bestand aus einer Legierung auf Ni-Basis wie InconelTM und hatte eine Breite W von $2,8 \text{ mm}$ und eine Dicke t von $1,6 \text{ mm}$. Der wie in Fig. 5(a) gezeigte Abstand des zentralen Aufschmelzpunkts y zwischen dem zentralen Aufschmelzpunkt F und der inneren Seitenfläche 43 der Masselektrode 40 betrug Null (0).

[0104] Die Darstellung in Fig. 7 stellt den Zusammenhang zwischen dem Ablöseprozentanteil (%) und dem Schmelzwinkel α ($^\circ$) für einen nicht geschmolzenen Querschnittsflächenprozentanteil C von 0%, 25%, 50% und 75% dar. Für jeden nicht geschmolzenen Querschnittsflächenprozentanteil C und jeden Schmelzwinkel α wurden sechs Zündkerzenprobekörper verwendet und wurde derjenige, der den größten Ablöseprozentanteil zeigte, in die grafische Darstellung von Fig. 7 eingetragen. Die grafische Darstellung zeigt, dass der Ablöseprozentanteil um so kleiner ist, je kleiner der nicht geschmolzene Querschnittsflächenprozentanteil C und der Schmelzwinkel α sind. Bei der Verwendung von Zündkerzenprobekörpern mit um 10° geänderten Schmelzwinkeln α trat bei einem Schmelzwinkel α von mehr als 40° insofern ein Problem auf, als das Edelmetallplättchen 45 unerwünscht durch die Bestrahlung der Laserstrahlen 40 ausgeschabt wurde, was zu einer deutlich geringeren Verbindungsstellenfestigkeit zwischen dem Metallplättchen 45 und der Masselektrode 40 führte.

[0105] Die grafische Darstellung zeigt, dass die Verbindungsstellenfestigkeit mit abnehmendem Schmelzwinkel α zunimmt. Dies liegt daran, dass der abnehmende Schmelzwinkel α ein stärkeres Aufschmelzen des Edelmetallplättchens 45 zulässt, wodurch der Ir-Legierungsgehalt der Schmelzabschnitte 44 steigt (d. h. wodurch es zu einer Zunahme des linearen Ausdehnungskoeffizienten zwischen dem Plättchen 45 und den Schmelzabschnitten 44 kommt), was zu einer Abnahme der auf die Grenzflächen zwischen dem Plättchen 45 und den Schmelzabschnitten 44 wirken-

den Wärmespannung führt.

[0106] Die grafische Darstellung zeigt außerdem, dass die Zündkerzenprobekörper im Großen und Ganzen die gleiche Verbindungsstellenfestigkeit aufweisen, wenn der nicht geschmolzene Querschnittsflächenprozentanteil C kleiner als 50% ist, dass die Verbindungsstellenfestigkeit jedoch stark abnimmt, wenn er 75% erreicht. Das liegt daran, dass die Querschnittsfläche B des nicht geschmolzenen Abschnitts 46 dann zu groß ist, während die Schmelzabschnitte 44 eine zu geringe Größe haben, als dass die Schmelzabschnitte 44 als Wärmespannungsabsorber dienen könnten.

[0107] Obwohl dies nicht dargestellt ist, wurde bestätigt, dass die Auswirkungen des nicht geschmolzenen Querschnittsflächenprozentanteils C und des Schmelzwinkels α auf die Verbindungsstellenfestigkeit zwischen den Edelmetallplättchen 45 und der Masseelektrode 40 unabhängig von der quer verlaufenden Querschnittsfläche des Edelmetallplättchens 45, die bei diesem Ausführungsbeispiel der schmelzabschnittsnahen Querschnittsfläche A des Edelmetallplättchens 45 entspricht, die gleichen wie in Fig. 7 sind.

[0108] Wie in Fig. 8 gezeigt ist, wurden auch die Auswirkungen der Querschnittsfläche A des am nächsten an den Schmelzabschnitten gelegenen Abschnitts des Edelmetallplättchens 45 auf die Verbindungsstellenfestigkeit zwischen dem Edelmetallplättchen 45 und der Masseelektrode 40 untersucht. Dabei wurden Zündkerzenprobekörper verwendet, die ein Edelmetallplättchen 45 aus einem zylinderförmigen Element aus Ir-10Rh-Legierung, dessen Länge L 0,8 mm betrug, und die gleiche Masseelektrode 40 wie bei den Zündkerzenprobekörpern von Fig. 7 enthielten. Bei jedem der Zündkerzenprobekörper betrug der Schmelzwinkel α 30°. Der nicht geschmolzene Querschnittsflächenprozentanteil C betrug 50%. Der Abstand des zentralen Aufschmelzpunkts y zwischen dem zentralen Aufschmelzpunkt F und der inneren Seitenfläche 43 der Masseelektrode 40 betrug Null (0).

[0109] Für jede Querschnittsfläche A wurden vier Zündkerzenprobekörper angefertigt.

[0110] Fig. 8 stellt den Zusammenhang zwischen dem Ablöseprozentanteil (%) und der schmelzabschnittsnahen Querschnittsfläche A (mm^2) des Edelmetallplättchens 45 dar. Die grafische Darstellung von Fig. 8 zeigt, dass der Ablöseprozentanteil niedrig ist, wenn die schmelzabschnittsnahen Querschnittsfläche A innerhalb eines Bereichs von 0,1 mm^2 bis 0,6 mm^2 liegt, was zu einer höheren Verbindungsstellenfestigkeit zwischen dem Edelmetallplättchen 45 und der Masseelektrode 40 führt, dass die Verbindungsstellenfestigkeit jedoch stark abnimmt, wenn die schmelzabschnittsnahen Querschnittsfläche A 0,6 mm^2 überschreitet. Dies liegt daran, dass die Wärmekapazität des Edelmetallplättchens 45 um so größer ist, je größer die schmelzabschnittsnahen Querschnittsfläche A ist, was zu einer Verstärkung der auf die Grenzfläche zwischen dem Plättchen 45 und den Schmelzabschnitten 44 aufgetragenen Wärmespannung führt. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass das Edelmetallplättchen 45 zu dünn ist, um den zwischen der Mittelelektrode 30 und der Masseelektrode 40 erzeugten Funken zu widerstehen, wenn die schmelzabschnittsnahen Querschnittsfläche A des Edelmetallplättchens 45 kleiner als 0,1 mm^2 ist.

[0111] Es wurde daher festgestellt, dass die Verwendung eines Edelmetallplättchens 45, dessen schmelzabschnittsnahen Querschnittsfläche A innerhalb eines Bereichs von 0,1 mm^2 bis 0,6 mm^2 liegt (0,1 $\text{mm}^2 \leq A \leq 0,6 \text{ mm}^2$), ein höheres Zündvermögen für einen gasförmigen Kraftstoff ergibt.

[0112] Das bei diesem Ausführungsbeispiel verwendete Edelmetallplättchen 45 besteht aus einem zylinderförmigen

Element, dessen Durchmesser über seine gesamte Länge gleichmäßig ist, doch kann es wahlweise auch von einem Zylinder mit einer Schulter gebildet werden. So kann der Fußabschnitt des Edelmetallplättchens 45 nahe den Schmelzabschnitten 44 dünner oder dicker als seine der Mittelelektrode 30 nahe Oberseite sein.

[0113] Darüber hinaus wurde auf die nachstehend erläuterte Weise nach den optimalen Werten für den Abstand des zentralen Aufschmelzpunkts y und für die Aufschmelztiefe H gesucht, um die Zuverlässigkeit der Verbindungsstelle zwischen dem Edelmetallplättchen 45 und der Masseelektrode 40 zu verbessern. Die Verbindungsstellenzuverlässigkeit wurde beurteilt, indem wie zuvor nach einer Haltbarkeitsprüfung unter Verwendung von in den Motor eingebauten Zündkerzenprobekörpern der Ablöseprozentanteil gemessen wurde. Dabei wurde festgelegt, dass die Verbindungsstellenzuverlässigkeit für das gewünschte Leistungsvermögen der Zündkerze 100 ausreichend war, wenn der Ablöseprozentanteil höchstens 25% betrug.

[0114] Zunächst wurden also die Haltbarkeitsprüfungen für die Zündkerzenprobekörper durchgeführt und dann wie in Fig. 9 gezeigt, die Auswirkungen des Abstands des zentralen Aufschmelzpunkts y auf die Verbindungsstellenzuverlässigkeit überprüft. Das Edelmetallplättchen 45 und die Masseelektrode 40 waren bei jedem Zündkerzenprobekörper mit denen identisch, die bei den in Fig. 7 gezeigten Haltbarkeitsprüfungen verwendet wurden. Der nicht geschmolzene Querschnittsflächenprozentanteil C betrug 50%.

[0115] Fig. 9 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Schmelzwinkel α (°) und dem Ablöseprozentanteil (%) für einen Abstand des zentralen Aufschmelzpunkts y = -0,3 mm bis 0,4 mm. Es wurden für jeden Schmelzwinkel α und jeden Abstand des zentralen Aufschmelzpunkts y sechs Zündkerzenprobekörper verwendet, wobei derjenige, der den größten Ablöseprozentanteil zeigte, in die grafische Darstellung Fig. 9 eingetragen wurde. Die grafische Darstellung zeigt, dass der Ablöseprozentanteil unabhängig vom Schmelzwinkel α ungefähr 100% beträgt, wenn der Abstand des zentralen Aufschmelzpunkts y kleiner als -0,2 mm oder größer als 0,3 mm ist, dass der Ablöseprozentanteil jedoch höchstens 25% beträgt, wenn der Abstand des zentralen Aufschmelzpunkts y zwischen -0,2 mm und 0,3 mm beträgt (-0,2 mm $\leq y \leq 0,3$ mm) und der Schmelzwinkel α höchstens $(30 + 100y)^\circ$ beträgt, was auch nach den Haltbarkeitsprüfungen für eine höhere Verbindungsstellenzuverlässigkeit zwischen dem Edelmetallplättchen 45 in der Masseelektrode 40 sorgte. Dies liegt daran, dass der Ir-Legierungsgehalt der Schmelzabschnitte 44 abnimmt, wenn der Abstand des zentralen Aufschmelzpunkts y weniger als -0,2 mm beträgt, so dass die Differenz des linearen Ausdehnungskoeffizienten zwischen dem Plättchen 45 und den Schmelzabschnitten 44 stark zunimmt, was an der Grenzfläche zwischen dem Plättchen 45 und den Schmelzabschnitten 44 zu steigenden Wärmespannungen führt, und dass der Ir-Legierungsgehalt der Schmelzabschnitte 44 stark zunimmt, wenn der Abstand des zentralen Aufschmelzpunkts y mehr als 0,3 mm beträgt, so dass die Differenz des linearen Ausdehnungskoeffizienten zwischen dem Plättchen 45 und den Schmelzabschnitten 44 wie oben stark zunimmt, was an der Grenzfläche zwischen den Plättchen 45 und den Schmelzabschnitten 44 zu ansteigenden Wärmespannungen führt.

[0116] Obwohl dies nicht dargestellt ist, wurde bestätigt, dass der Schmelzwinkel α und der Abstand des zentralen Aufschmelzpunkts y auf die Verbindungsstellenfestigkeit zwischen dem Edelmetallplättchen 45 und der Masseelektrode 40 unabhängig von der quer verlaufenden Querschnittsfläche des Edelmetallplättchens 45, die bei diesem

Ausführungsbeispiel der schmelzabschnittsnahen Querschnittsfläche A des Edelmetallplättchens 45 entspricht, die gleichen Auswirkungen wie oben haben.

[0117] Als Nächstes wurden Haltbarkeitsprüfungen durchgeführt und wie in Fig. 10 gezeigt, die Auswirkungen der Aufschmelztiefe H auf die Zuverlässigkeit der Verbindungsstelle zwischen dem Edelmetallplättchen 45 und der Masselektrode 40 untersucht. Die Edelmetallplättchen der in den Haltbarkeitsprüfungen verwendeten Zündkerzenprobekörper bestanden jeweils aus einem zylinderförmigen Element aus Ir-10Rh-Legierung, das einen Durchmesser D von 0,36 mm (schmelzabschnittsnahe Querschnittsfläche A = 0,1 mm²) und eine Länge L von 0,8 mm aufwies. Die Masselektrode 40 war die gleiche wie bei den Haltbarkeitsversuchen von Fig. 7. Der Schmelzwinkel α betrug 30°. Der Abstand des zentralen Aufschmelzpunkts y betrug Null (0). Der nicht geschmolzene Querschnittsflächenprozentanteil C betrug höchstens 50%.

[0118] Fig. 10 zeigt den Zusammenhang zwischen der Aufschmelztiefe H (mm) und dem Ablöseprozentanteil (%) für eine schmelzabschnittsnahe Querschnittsfläche A des Edelmetallplättchens 45 von 0,1 mm² (d. h. Breite D = 0,36 mm) und 0,6 mm² (d. h. Breite D = 0,88 mm). Für jeden Schmelzwinkel α , jede Aufschmelztiefe H und jede schmelzabschnittsnahe Querschnittsfläche A wurden sechs Zündkerzenprobekörper verwendet, wobei derjenige, der den größten Ablöseprozentanteil zeigte, in die grafische Darstellung von Fig. 10 eingetragen wurde. Die grafische Darstellung zeigt, dass der Ablöseprozentanteil bei einer schmelzabschnittsnahen Querschnittsfläche A im Bereich von 0,1 mm² bis 0,6 mm² höchstens 25% beträgt, solange die Aufschmelztiefe H weniger als 1,4mal so groß wie die Breite D des Edelmetallplättchens 45 ist, was nach den Haltbarkeitsprüfungen ein höheres Maß an Verbindungsstellenzuverlässigkeit zwischen dem Edelmetallplättchen 45 und der Masselektrode 40 gewährleistete, dass der Ablöseprozentanteil jedoch groß wird, wenn die Aufschmelztiefe H 1,4 D überschreitet, was zu einer starken Abnahme der Verbindungsstellenzuverlässigkeit führt. Dies liegt daran, dass, wenn die Aufschmelztiefe H der Schmelzabschnitte 44 größer als 1,4 D ist, in die Schmelzabschnitte 44 eine große Menge des Materials der Masselektrode 40 eingeschmolzen wird, wodurch sich der Ir-Legierungsgehalt der Schmelzabschnitte 44 erhöht, was zu einer Zunahme der an der Grenzfläche zwischen den Plättchen 45 und den Schmelzabschnitten 44 erzeugten Wärmespannung führt.

[0119] Durch den oben beschriebenen Aufbau der Zündkerze 100 entfällt auch die Notwendigkeit, das Edelmetallplättchen 45, wie in der in der Beschreibungseinleitung beschriebenen japanischen Offenlegungsschrift Nr. 9-106880 diskutiert wird, in die Masselektrode 40 einzupressen und einzubetten, um eine feste Verbindungsstelle zu erzielen. Dies erlaubt es, das Edelmetallplättchen 45 mit der inneren Seitenfläche 43 der Masselektrode 40 allein dadurch zu verbinden, dass aus einer diagonalen Richtung Laserstrahlen auf eine Grenze zwischen dem Edelmetallplättchen 45 und der inneren Seitenfläche 43 abgestrahlt werden, wodurch ein durch das Pressen hervorgerufener Kollaps des Plättchens 45 vermieden wird.

[0120] Unter Bezugnahme auf die Fig. 11(a) bis 11(d) wird nun ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

[0121] Die Zündkerze 100 des zweiten Ausführungsbeispiels weist ein mit einer Endfläche der Masselektrode 40 verbundenes Edelmetallplättchen 66 auf.

[0122] Die Masselektrode 40 ist der Mittelelektrode 30 wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel an ihrer inneren Seitenfläche 43 zugewandt. Wie in den Fig. 11(a) und 11(b)

deutlich zu erkennen ist, weist die Masselektrode 40 eine in einer Endfläche 47 von ihr ausgebildete Vertiefung 47a auf. Die Vertiefung 47a verläuft in Dickenrichtung der Masselektrode 40 zur Mittelelektrode 30 hin. Das Edelmetallplättchen 45 besteht aus einem zylinderförmigen Element und ist an seiner Umfangsseitenfläche 65a zumindest teilweise in die Vertiefung 47a eingepasst. Wie in den Fig. 11(c) und 11(d) deutlich gezeigt ist, wird das Edelmetallplättchen 45 mit der Endfläche 47 der Masselektrode 40 verschweißt und weist einen Spitzenabschnitt 66 auf, der der Mittelelektrode 30 über den Funkenspalt hinweg gegenüberliegt. Das Edelmetallplättchen 65 kann aus dem gleichen Material wie das Edelmetallplättchen 35 oder 45 des ersten Ausführungsbeispiels bestehen oder kann wahlweise auch von einem prismatischen Stab oder Block gebildet werden.

[0123] Die Verbindung des Edelmetallplättchens 65 mit der Masselektrode 40 erfolgt mit den folgenden Schritten. [0124] Zunächst wird in der Endfläche 47 der Masselektrode 40 durch Fräsen, Stanzen oder Pressen eine wie in den Fig. 11(a) und 11(b) gezeigte Vertiefung 45a gebildet. Die Umfangsseitenfläche 65a des Edelmetallplättchens 65 wird teilweise in die Vertiefung 47a eingepasst, wobei der Spitzenabschnitt 66 von der inneren Seitenfläche 43 der Masselektrode 40 aus zur Mittelelektrode 30 vorragt.

[0125] Als nächstes werden wie durch die Pfeile LZ in den Fig. 11(a) und 11(b) angegeben, auf die Umfangsseitenfläche 65a des Edelmetallplättchens 65 Laserstrahlen abgestrahlt, um das Edelmetallplättchen 65 mit der Endfläche 47 der Masselektrode 40 zu verschweißen. Dies führt zur Bildung von wie in den Fig. 11(c) und 11(d) gezeigten Schmelzabschnitten 64. Die Anzahl der Laserstrahlen und der Abschnitte des Edelmetallplättchens 65, auf die die Laserstrahlen abgestrahlt werden, können in Abhängigkeit von der Größe und Form des Edelmetallplättchens 65 geändert werden.

[0126] Das Verschweißen des Edelmetallplättchens 65 mit der Masselektrode 40 erfolgt wie oben beschrieben durch Einpassen des Abschnitts des Edelmetallplättchens 65 in die Vertiefung 47a und Abstrahlen von Laserstrahlen darauf, wodurch im Vergleich zu dem von der in der Beschreibungseinleitung diskutierten japanischen Offenlegungsschrift Nr. 11-354251 vorgeschlagenen Aufbau verhindert wird, dass das Edelmetallplättchen 65 unerwünscht durch die Abstrahlung der Laserstrahlen ausgeschabt wird. Dies erlaubt es, das Edelmetallplättchen 65 dünner auszuführen, ohne dass die Schmelzabschnitte 44 unerwünscht abnehmen, und führt außerdem zu einer Erhöhung der Wärmemenge, die von dem Edelmetallplättchen 65 zu der Masselektrode 40 übertragen wird.

[0127] Die Schmelzabschnitte 64 sind vom Funkenspalt beabstandet, was zu einer Verringerung der Funkenanzahl führt, die die Schmelzabschnitte 64 erreicht, wodurch eine unerwünschte Ablösung des Edelmetallplättchens 65 der Masselektrode 40 vermieden wird.

[0128] Fig. 12(a) zeigt eine vergrößerte Ansicht der Verbindungsstelle des Edelmetallplättchens 65 und der Masselektrode 45.

[0129] Wenn die Breite eines senkrecht zur Endfläche 47 der Masselektrode 40 und am nächsten an den Schmelzabschnitten 64 gelegenen Abschnitts des Edelmetallplättchens 65 (d. h. bei diesem Ausführungsbeispiel der Durchmesser des Edelmetallplättchens 65) als D1 definiert wird, ist die in die Vertiefung 47a der Masselektrode 40 eingebettete Tiefe t1 des Edelmetallplättchens 65 vorzugsweise mehr als 0,5mal so groß wie die Breite D1 ($t1 \geq 0,5 D1$).

[0130] Darüber hinaus beträgt die senkrecht zur Länge des Edelmetallplättchens 65 verlaufende Querschnittsfläche A' vorzugsweise zwischen 0,1 mm² und 0,6 mm² ($0,1 \text{ mm}^2 \leq$

$A' \leq 0,6 \text{ mm}^2$). Wie in Fig. 12(b) zu erkennen ist, ist die Querschnittsfläche A' kreisförmig und wird im Folgenden als Plättchenquerschnittsfläche A' bezeichnet.

[0131] Wenn die maximale Breite jedes Schmelzabschnitts 64 als N (nachstehend als Aufschmelzbreite bezeichnet) definiert wird und die Breite des parallel zur Endfläche 47 der Masselektrode und am nächsten an den Schmelzabschnitten 64 gelegenen Abschnitts des Edelmetallplättchens 64 (d. h. bei diesem Ausführungsbeispiel der Durchmesser des Edelmetallplättchens 65) als $D2$ definiert wird, ist die als H definierte maximale Tiefe jedes Schmelzabschnitts 64 vorzugsweise höchstens 2mal so groß wie die Breite $D1$. Die Aufschmelzbreite N ist vorzugsweise höchstens 2,5mal so groß wie die Breite $D2$.

[0132] Die oben beschriebenen Abmessungsvorgaben sollen die gewünschte mechanische Festigkeit der Verbindungsstelle zwischen dem Edelmetallplättchen 65 und der Masselektrode 40 gewährleisten und gehen auf die folgenden Untersuchungen zurück.

[0133] Es wurden mehrere Haltbarkeitsprüfungen mit in den Motor eingebauten Zündkerzenprobekörpern durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen der Einbettiefe $t1$ des Edelmetallplättchens 65 und der mechanischen Festigkeit der Verbindungsstelle zwischen dem Edelmetallplättchen 65 und der Masselektrode 40 nach dem Laserschweißen zu untersuchen. Die Edelmetallplättchen 65 der Zündkerzenprobekörper bestanden jeweils aus einem zylinderförmigen Element aus Ir-10Rh-Legierung, das einen Durchmesser von 0,36 mm ($= D1 = D2$ bei einer Plättchenquerschnittsfläche $A' = 0,1 \text{ mm}^2$) und eine Länge L von 0,8 mm aufwies. Die Masselektrode 40 bestand aus Inconel™ und hatte eine Breite von 2,8 mm und eine Dicke von 1,6 mm. Die Aufschmelztiefe H betrug $2 D1$ und Aufschmelzbreite N $2,5 D2$.

[0134] Als Verbindungsstellenfestigkeit wurde jeweils die Zugfestigkeit des Edelmetallplättchens 65 der Zündkerzenprobekörper gemessen, die wie durch den Pfeil Y in Fig. 12(a) angegeben, einer Strecklast zur Mittelelektrode 30 hin unterzogen wurden. Die Messwerte sind in Fig. 13 angegeben.

[0135] Fig. 13 zeigt den Zusammenhang zwischen der Einbettiefe $t1$ (mm) des Edelmetallplättchens 65 und der Verbindungsstellenfestigkeit zwischen dem Edelmetallplättchen 65 und der Masselektrode 40 der Zündkerzenprobekörper nach dem Laserschweißen. Die Einbettiefe $t1$ ist als Vielfaches der Breite $D1$ des Edelmetallplättchens 65 angegeben. Die Zugfestigkeit des Edelmetallplättchens 65 bei einer Einbettiefe $t1$ von $0,5 D1$ ist mit eins (1) definiert.

[0136] Die Verbindungsstellenfestigkeit jedes Zündkerzenprobekörpers ist als ein Vielfaches dieses Bezugswerts angegeben. Es wurden für jede Einbettiefe $t1$ sechs Zündkerzenprobekörper verwendet, wobei derjenige eingetragen wurde, der die größte Verbindungsstellenfestigkeit zeigte. Die grafische Darstellung von Fig. 13 zeigt, dass die Zündkerzenprobekörper im Großen und Ganzen die gleiche höhere Verbindungsstellenfestigkeit aufweisen, wenn die Einbettiefe $t1$ des Edelmetallplättchens 65 mindestens $0,5 D1$ beträgt, dass es aber zu einer starken Abnahme der Verbindungsstellenfestigkeit kommt, wenn die Einbettiefe $t1$ unter $0,5 D1$ fällt. Dies liegt daran, dass der außerhalb der Endfläche 47 der Masselektrode 40 frei liegende Abschnitt des Edelmetallplättchens 65 bei abnehmender Einbettiefe $t1$ zunimmt, so dass zwar das Edelmetallplättchen 65 durch die Laserstrahlen erhitzt wird, der größte Teil der Endfläche 47 aber kaum erhitzt wird, was dazu führt, dass das Edelmetallplättchen 65 durch die Laserstrahlen stark ausgeschabt wird. Ein weiteres Problem war, dass sich während der Haltbarkeitsprüfungen auf dem Edelmetallplättchen 65 ein Hitze-

bildete, was zu einem verstärkten Verschleiß führte.

[0137] Auch wenn dies nicht dargestellt ist, wurde bestätigt, dass die Auswirkungen der Einbettiefe $t1$ auf die Verbindungsstellenfestigkeit zwischen dem Edelmetallplättchen 65 und der Masselektrode 40 unabhängig von der Plättchenquerschnittsfläche A' die gleichen wie in Fig. 13 sind.

[0138] Daraus ergibt sich also, dass unter der Voraussetzung, dass die in die Vertiefung 47a der Masselektrode 40 eingebettete Tiefe $t1$ des Edelmetallplättchens 65 mehr als 0,5mal so groß wie die Breite $D1$ ist ($t1 \geq 0,5 D1$), eine höhere Verbindungsstellenfestigkeit zwischen dem Edelmetallplättchen 65 und der Masselektrode 40 wie auch eine höhere Verschleißbeständigkeit des Edelmetallplättchens 45 gewährleistet sind.

[0139] Abgesehen davon wurden Haltbarkeitsprüfungen mit Zündkerzenprobekörpern durchgeführt und die Verbindungsstellenzuverlässigkeit beurteilt, indem die Plättchenquerschnittsfläche A' , die Aufschmelztiefe H und die Aufschmelzbreite N gemessen wurden, um das Kraftstoffzündvermögen und die Verbindungsstellenfestigkeit zwischen dem Edelmetallplättchen 65 und der Masselektrode 40 zu verbessern. Es stellte sich heraus, dass die Verbindungsstellenzuverlässigkeit eine Funktion des Ablöseprozentanteils des Metallplättchens 65 ist, der durch $(f/e) \times 100(\%)$ gegeben ist, wobei f wie in Fig. 14 gezeigt die Ablöselänge der Grenzfläche zwischen dem Edelmetallplättchen 65 und dem Schmelzabschnitt 64 und e deren Verbindungslänge entspricht. Dabei wurde festgelegt, dass die Verbindungsstellenzuverlässigkeit ausreicht, das gewünschte Leistungsvermögen der Zündkerze 100 zu gewährleisten, wenn der Ablöseprozentanteil höchstens 25% beträgt.

[0140] Es wurden zunächst Haltbarkeitsprüfungen mit den Zündkerzenprobekörpern durchgeführt und dann, wie in Fig. 15 gezeigt ist, die Auswirkungen der Plättchenquerschnittsfläche A' auf die Verbindungsstellenzuverlässigkeit untersucht. Die Edelmetallplättchen 65 bestanden bei den Zündkerzenprobekörpern jeweils aus einem zylinderförmigen Element aus Ir-10Rh-Legierung mit einer Länge von 0,8 mm. Die Masselektrode 40 war zu der bei den in Fig. 13 gezeigten Haltbarkeitsprüfungen identisch. Die Einbettiefe $t1$ des Edelmetallplättchens 65 betrug $0,5 D1$. Die Aufschmelztiefe H betrug $2 D1$ und die Aufschmelzbreite N betrug $2,5 D2$. Für jede Plättchenquerschnittsfläche A' wurden vier Zündkerzenprobekörper verwendet.

[0141] Fig. 15 stellt den Zusammenhang zwischen der Plättchenquerschnittsfläche A' (mm^2) und dem Ablöseprozentanteil (%) dar und zeigt, dass der Ablöseprozentanteil höchstens 25% beträgt, wenn die Plättchenquerschnittsfläche A' zwischen $0,1 \text{ mm}^2$ und $0,6 \text{ mm}^2$ liegt ($0,1 \text{ mm}^2 \leq A' \leq 0,6 \text{ mm}^2$), was zwischen dem Edelmetallplättchen 65 und der Masselektrode 40 ein höheres Maß an Verbindungsstellenzuverlässigkeit gewährleistet, dass es aber zu einer starken Schwankung des Ablöseprozentanteils kam, wenn die Plättchenquerschnittsfläche A' $0,6 \text{ mm}^2$ überschritt, wodurch die Verbindungsstellenzuverlässigkeit abnahm. Dies liegt daran, dass eine Zunahme der Plättchenquerschnittsfläche A' zu einer Zunahme der Wärmekapazität des Edelmetallplättchens 65 führt, wodurch es an der Grenzfläche zwischen dem Plättchen 65 und den Schmelzabschnitten 64 zu stärkeren Wärmespannungen kommt. Wenn die Plättchenquerschnittsfläche A' dagegen weniger als $0,1 \text{ mm}^2$ beträgt, ist das Edelmetallplättchen 65 in der Praxis aus ähnlichen Gründen, wie sie bei dem ersten Ausführungsbeispiel diskutiert wurden, zu dünn.

[0142] Es stellte sich also heraus, dass die Verwendung eines Edelmetallplättchens 65, dessen Plättchenquerschnittsfläche A' innerhalb eines Bereichs von $0,1 \text{ mm}^2$ bis $0,6 \text{ mm}^2$

liegt ($0,1 \text{ mm}^2 \leq A' \leq 0,6 \text{ mm}^2$), zwischen dem Edelmetallplättchen 65 und der Masseelektrode 40 ein höheres Maß an Verbindungsstellenzuverlässigkeit ergibt und dass das dünne Edelmetallplättchen 65 ein besseres Kraftstoffzündvermögen gewährleistet.

[0143] Daneben wurden unter Verwendung von Zündkerzenprobekörpern Haltbarkeitsprüfungen durchgeführt und die Auswirkungen der Aufschmelztiefe H und der Aufschmelzbreite N der Schmelzabschnitte 64 auf die Verbindungsstellenverlässlichkeit untersucht. Die bei den Zündkerzenprobekörpern verwendeten Edelmetallplättchen 65 bestanden jeweils aus einem zylinderförmigen Element aus Ir-10Rh-Legierung mit einem Durchmesser von 0,88 mm (= $D1 = D2$, Plättchenquerschnittsfläche $A' = 0,6 \text{ mm}^2$) und einer Länge L von 0,8 mm. Die Masseelektrode 40 war zu der bei den Haltbarkeitsprüfungen in Fig. 13 verwendeten Masseelektroden identisch. Die Einbettiefe t1 des Edelmetallplättchen 65 betrug 1,0 D1.

[0144] Fig. 16 stellt den Zusammenhang zwischen dem Ablöseprozentanteil (%) und der Aufschmelzbreite N (mm) als Vielfaches der Breite D2 des Edelmetallplättchens 65 dar, wobei die Aufschmelztiefe H in einem Bereich von 0,5 D1 bis 2,5 D1 in Einheiten von 0,5mal der Breite D1 geändert wurde. Für jede Aufschmelztiefe H und jede Aufschmelzbreite N wurden sechs Zündkerzenprobekörper verwendet, wobei derjenige in die grafische Darstellung von Fig. 16 eingetragen wurde, der den größten Ablöseprozentanteil zeigte.

[0145] Die grafische Darstellung zeigt, dass der Ablöseprozentanteil unter 25% gesenkt werden kann, wenn die Aufschmelztiefe H höchstens 2,0 D1 beträgt, was zwischen dem Edelmetallplättchen 65 und der Masseelektrode 40 ein höheres Maß an Verbindungsstellenzuverlässigkeit gewährleistet, dass es aber zu einem Anstieg des Ablöseprozentanteils kommt, wenn die Aufschmelztiefe H mehr als 2,0 D1 beträgt, wodurch die Verbindungsstellenzuverlässigkeit abnimmt.

[0146] Genauer gesagt beträgt der Ablöseprozentanteil höchstens 20%, wenn die Aufschmelztiefe H höchstens 2,0 D1 und die Aufschmelzbreite N höchstens 2,5 D2 beträgt, während es zu einem Überschreiten des Ablöseprozentanteils von 20% kommt, wenn die Aufschmelzbreite 2,5 D2 überschreitet, was zu einer geringeren Verbindungsstellenzuverlässigkeit zwischen dem Edelmetallplättchen 65 in der Masseelektrode 40 führt. Dies liegt daran, dass die zunehmende Aufschmelztiefe H und Aufschmelzbreite N in den Schmelzabschnitten 64 zu einem geringeren Verhältnis des Materials des Plättchens 65 zum Material der Masseelektrode 40, d. h. zu einem geringeren Ir-Legierungsanteil der Schmelzabschnitte 64, führt, so dass die Differenz des linearen Ausdehnungskoeffizienten zwischen dem Plättchen 65 und den Schmelzabschnitten 64 abnimmt, was zu stärkeren Wärmespannungen an den Grenzflächen zwischen dem Plättchen 65 und den Schmelzabschnitten 64 führt.

[0147] Die Fig. 17(a) bis 22(d) zeigen gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel Abwandlungen der Verbindungsstelle des Edelmetallplättchens 45 und der Masseelektrode 40.

[0148] Bei dem ersten Ausführungsbeispiel wurden die Laserstrahlen unter dem gleichen Winkel zu der Grenze zwischen dem Edelmetallplättchen 45 und der Masseelektrode 40 abgestrahlt, doch können sie wahlweise auch, wie durch die Pfeile LZ in den Fig. 17(a), 17(b), 18(a) und 18(b) dargestellt ist, mit unterschiedlichen Winkeln zur inneren Seitenfläche 43 der Masseelektrode 40 orientiert sein. Bei dem in den Fig. 18(a) bis 18(b) gezeigten Fall ist der außerhalb der Endfläche 47 der Masseelektrode 40 abgegebene Laserstrahl senkrecht zur Länge des Edelmetallplättchens

45 (d. h. mit 0° zur inneren Seitenfläche 43 der Masseelektrode 40) orientiert. Bei dem in den Fig. 19(a) bis 19(b) gezeigten Fall ist der außerhalb der Endfläche 47 der Masseelektrode 40 abgegebene Laserstrahl mit einem Winkel α von -20° zur inneren Seitenfläche 43 der Masseelektrode 40 orientiert.

[0149] Wie in den Fig. 20(a) bis 20(d) gezeigt ist, kann das Edelmetallplättchen 45 auch in eine in der inneren Seitenfläche 43 der Masseelektrode 40 ausgebildete Vertiefung 45b eingebettet und laserverschweißt werden.

[0150] Das Edelmetallplättchen 45 kann auch, wie in den Fig. 21(a) und 21(b) gezeigt ist, aus einem zylinderförmigen Flanschelement wie einer Niete bestehen.

[0151] Des Weiteren kann das Edelmetallplättchen 45 auch aus einer polygonalen Stange wie der in den Fig. 22(a) und 22(b) gezeigten viereckigen Stange, einer dreieckigen Stange oder einer ovalen Stange, einer Scheibe, einer polygonalen Platte oder einer Stange mit mehreren Schultern bestehen. Die Anzahl an Verschweißungen oder Laserstrahlen kann in Abhängigkeit von der Größe und/oder Form des Edelmetallplättchens 45 gewählt werden.

[0152] Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel verläuft zwar die Vertiefung 47a, in der das Edelmetallplättchen 65 eingebettet ist, durch die Dicke der Masseelektrode 40 hindurch, doch muss sie, wie in Fig. 23(a) gezeigt ist, nicht unbedingt die zu der inneren Seitenfläche 43 entgegengesetzt angeordnete äußere Seitenfläche der Masseelektrode 40 erreichen. Die Querschnittsflächenform der Vertiefung 47a kann, wie in den Fig. 23(b), 23(c), 23(d) und 23(e) gezeigt ist, viereckig, halbkreisförmig, dreieckig oder fünfeckig sein.

[0153] Die Fig. 24(a) bis 26(d) stellen gegenüber dem zweiten Ausführungsbeispiel Abwandlungen der Verbindungsstelle des Edelmetallplättchens 65 und der Masseelektrode 40 dar.

[0154] Die Anzahl der Verschweißungen oder auf das Edelmetallplättchen 65 abgestrahlten Laserstrahlen kann abhängig von der Größe oder Form des Edelmetallplättchens 65 geändert werden. Wie in den Fig. 24(a) und 24(b) gezeigt ist, kann beispielsweise ein einziger Laserstrahl verwendet werden, um das Edelmetallplättchen 65 mit der Masseelektrode 40 zu verschweißen. Wahlweise können auch, wie in der Fig. 25(b) zu erkennen ist, zum Edelmetallplättchen 65 seitlich beabstandete parallele Laserstrahlen auf Kontaktstellen zwischen der Umfangswand des Edelmetallplättchens 65 und der Innenwandvertiefung 47a abgestrahlt werden. Wie in Fig. 25(d) deutlich zu erkennen ist, entspricht die Aufschmelzbreite N in diesem Fall der Gesamtbreite der beiden, sich teilweise in Breitenrichtung der Masseelektrode 40 überlappenden Schmelzabschnitte 64.

[0155] Wie in den Fig. 26(a) und 26(b) oder 26(c) und 26(d) gezeigt ist, kann die Endfläche 47 auch spitz zulaufen. In beiden Fällen ist das Edelmetallplättchen 65 mit einem vorgegebenen Winkel gegenüber der inneren Seitenfläche 43 der Masseelektrode 40 geneigt.

[0156] Die Fig. 27(a) bis 27(h) stellen Abwandlungen der Form der Spitze 41 der Masseelektrode 40 dar, die die Wärmespannung an der Verbindungsstelle des Edelmetallplättchens 45 oder 65 und der Masseelektrode 40 verringern sollen. Bei den in den Fig. 27(a) bis 27(d) gezeigten Abwandlungen ist die Spitze 41 der Masseelektrode 40 schmäler als deren Körper, wodurch die auf die Masseelektrode 40 wirkende Wärmespannung verringert wird und es an der Grenze zwischen dem Edelmetallplättchen 45 und der Masseelektrode 40 zu einer Abnahme der Wärmespannung kommt. Das gleiche trifft für die in den Fig. 27(e) bis 27(h) gezeigten Abwandlungen des zweiten Ausführungsbeispiels zu.

[0157] Wie in den Fig. 28(a) und 28(b) gezeigt ist, kann die Masseelektrode 40 eine innere Schicht 70 aus einem Material aufweisen, das eine höhere Wärmeleitfähigkeit als das Grundmaterial der Masseelektrode 40 aufweist (z. B. eine Legierung auf Ni-Basis). Dies führt an der Spitze 41 oder an der Verbindungsstelle des Edelmetallplättchens 45 oder 65 und der Masseelektrode 40 zu einem weniger starken Temperaturanstieg, wodurch an der Grenzfläche zwischen dem Edelmetallplättchen 45 oder 65 und der Masseelektrode 40 die Wärmespannung abnimmt. In dem Fall von Fig. 28(a) besteht die innere Schicht 70 aus Cu. In dem Fall von Fig. 28(b) besteht die innere Schicht 70 aus einem Schichtaufbau aus Cu und einem Ni-Überzug.

[0158] Wie in den Fig. 29(a) und 29(b) dargestellt ist, kann die Biegung der Masseelektrode 40 verringert werden, um die Edelmetallplättchen 45 und 65 aus der Ausrichtung mit dem Edelmetallplättchen 35 der Mittelelektrode 30 zu bringen. Dies ermöglicht eine Verkürzung der Masseelektrode 40 und führt an der Spitze 41 der Masseelektrode 40 zu einem weniger starken Temperaturanstieg, wodurch die Wärmespannung an der Grenzfläche zwischen dem Edelmetallplättchen 45 oder 65 und der Masseelektrode 40 abnimmt.

[0159] Die Erfindung wurde zwar anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben, um das Verständnis zu verbessern, doch wird darauf hingewiesen, dass die Erfindung auch auf andere Weise ausgeführt werden kann, ohne vom Erfindungsprinzip abzuweichen. Die Erfindung soll daher sämtliche Ausführungsbeispiele und Abwandlungen der gezeigten Ausführungsbeispiele einschließen, die, ohne vom in den beigefügten Patentansprüchen dargestellten Erfindungsprinzip abzuweichen, denkbar sind. So können die Edelmetallplättchen 35, 45 und 65 beispielsweise auch aus einem Material bestehen, das als Hauptbestandteil mindestens 50 Gew.-% Pt und zusätzlich Rh, Ir, Os, Ni, W, Pd und/oder Ru oder als Hauptbestandteil mindestens 50 Gew.-% Ir und zusätzlich Rh, Pt, Os, Ni, W, Pd und/oder Ru enthält.

Patentansprüche

1. Zündkerze (100), mit:
 - einer Mittelelektrode (30) mit einer Spitze (35);
 - einer Masseelektrode (40) mit einer der Spitze (35) der Mittelelektrode (30) zugewandten Mittelelektrodengegensfläche (43);
 - einem Edelmetallelement (45) mit einer gegebenen Länge (L) und einem sich über die Länge hinweg gegenüberliegenden ersten und zweiten Ende, das an dem ersten Ende durch Laserschweißen mit der Mittelelektrodengegensfläche (43) der Masseelektrode (40) verbunden ist, so dass das zweite Ende der Spitze (35) der Mittelelektrode (30) über einen Funkspalt (50) gegenüberliegt; und
 - einem Schmelzabschnitt (44), der eine aus miteinander verschmolzenen Materialien der Masseelektrode (40) und des Edelmetallelements (45) gebildete Verschweißung des Edelmetallelements und der Masseelektrode bildet, wobei
 - die die Länge (L) des Edelmetallelements (45) kreuzende Querschnittsfläche (A) wenigstens $0,1 \text{ mm}^2$ und höchstens $0,6 \text{ mm}^2$ beträgt;
 - der nicht geschmolzene Querschnittsflächenprozentanteil (C), d. h. der Prozentanteil der Querschnittsfläche (B) eines nicht geschmolzenen Abschnitts des ersten Endes des Edelmetallelements (45) innerhalb eines Bereichs einer die Länge (L) des Edelmetallelements kreuzenden Querschnittsfläche (A) des Edelmetallelements, die am nächsten an dem Schmelzabschnitt (44)

gelegenen ist, höchstens 50% beträgt; und
 der Schmelzwinkel (α), d. h. der Winkel, den eine entlang der maximalen Tiefe (H) des Schmelzabschnitts (44) durch den Schmelzabschnitt gehende Linie mit der Mittelelektrodengegensfläche (43) der Masseelektrode (40) beschreibt, höchstens 60° beträgt.

2. Zündkerze nach Anspruch 1, bei der sich, wenn der Punkt, an dem sich die entlang der maximalen Tiefe (H) des Schmelzabschnitts (44) verlaufende Linie mit der Außenfläche des Schmelzabschnitts schneidet, als Schnittpunkt F definiert wird und der Abstand zwischen dem Schnittpunkt F und der Mittelelektrodengegensfläche (43) der Masseelektrode (40) als Abstand Schnittpunkt-Fläche y definiert wird, der Schnittpunkt F innerhalb eines Bereichs von $-0,2 \text{ mm}$ bis $0,3 \text{ mm}$ befindet, wobei der Abstand Schnittpunkt-Fläche y einen positiven Wert (+) einnimmt, wenn sich der Schnittpunkt F außerhalb der Mittelelektrodengegensfläche (43) der Masseelektrode befindet, und der Abstand Schnittpunkt-Fläche y einen negativen Wert (-) einnimmt, wenn sich der Schnittpunkt F innerhalb der Mittelelektrodengegensfläche (43) der Masseelektrode befindet, und der Schmelzwinkel (α) höchstens $(30 + 100y)^\circ$ beträgt.

3. Zündkerze nach Anspruch 1, bei der, wenn die Breite des am nächsten am Schmelzabschnitt (44) gelegenen Abschnitts des Edelmetallelements (45) als D definiert wird, die maximale Tiefe (H) des Schmelzabschnitts (44) höchstens $1,4 D$ beträgt.

4. Zündkerze nach Anspruch 1, bei der das Edelmetallelement (45) entweder aus einem ersten Material, das als Hauptbestandteil wenigstens 50 Gew.-% Pt und zusätzlich Rh, Ir, Os, Ni, W, Pd und/oder Ru enthält, oder aus einem zweiten Material besteht, das als Hauptbestandteil wenigstens 50 Gew.-% Ir und zusätzlich Rh, Pt, Os, Ni, W, Pd und/oder Ru enthält.

5. Zündkerze (100) mit:
 einer Metallhülle (11);
 einer in der Metallhülle (11) von der Metallhülle isoliert gehaltenen Mittelelektrode (30) mit einer außerhalb der Metallhülle freiliegenden Spitze (35);
 einer an die Metallhülle (11) angeschlossenen Masseelektrode (40), die eine Spitze (41) mit einer der Spitze (35) der Mittelelektrode (30) zugewandten Mittelelektrodengegensflächen (43) und einer Endfläche (47) aufweist; und
 einem Edelmetallelement (65), das zumindest teilweise in der Endfläche (47) der Masseelektrode (40) eingebettet ist und mit der Masseelektrode durch Laserschweißen über einen Schmelzabschnitt (64) verbunden ist, der eine durch miteinander verschmolzene Materialien der Masseelektrode (40) und des Edelmetallelements (65) gebildete Verschweißung des Edelmetallelements und der Masseelektrode bildet, und das eine von der Mittelelektrodengegensflächen (43) der Masseelektrode zur Mittelelektrode (30) vorragende Spitze (66) aufweist, so dass zwischen der Spitze (66) des Edelmetallelements und der Spitze der Mittelelektrode (35) ein Funkspalt (50) definiert ist.

6. Zündkerze nach Anspruch 5, bei der, wenn die Breite eines Abschnitts des Edelmetallelements (65), der dem Schmelzabschnitt (64) in einer zur Endfläche (47) der Masseelektrode (40) senkrechten Richtung am nächsten liegt, als D1 definiert wird, die Tiefe (t1) eines in der Endfläche (47) der Masseelektrode eingebetteten Abschnitts des Edelmetallelements (65) mindestens $0,5 D1$ beträgt.

7. Zündkerze nach Anspruch 5, bei der das Edelmetallelement (65) aus einem Material besteht, das als Hauptbestandteil wenigstens 50 Gew.-% Pt und zusätzlich Rh, Ir, Os, Ni, W, Pd und/oder Ru enthält, oder aus einem zweiten Material besteht, das als Hauptbestandteil wenigstens 50 Gew.-% Ir und zusätzlich Rh, Pt, Os, Ni, W, Pd und/oder Ru enthält.

tallplättchen (65) eine Länge hat und die die Länge kreuzende Querschnittsfläche (A') des Edelmetallelements mindestens 0,1 mm² und höchstens 0,6 mm² beträgt.

8. Zündkerze nach Anspruch 5, bei der, wenn die Breite des parallel zur Endfläche (47) der Masseelektrode (40) verlaufenden Abschnitts des Edelmetallelements (65) als D2 definiert wird, die Breite des Schmelzabschnitts (64) als N definiert wird und die maximale Tiefe des Schmelzabschnitts (64) als H definiert wird, die maximale Tiefe H höchstens 2 D1 und die Breite N höchstens 2,5 D2 beträgt.

9. Zündkerze nach Anspruch 8, bei der die Tiefe (t1) eines in der Endfläche (47) der Masseelektrode (40) eingebetteten Abschnitts des Edelmetallelements (65) mindestens 0,5 D1 beträgt.

10. Zündkerze nach Anspruch 5, bei der das Edelmetallelement (65) entweder aus einem ersten Material, das als Hauptbestandteil wenigstens 50 Gew.-% Pt und zusätzlich Rh, Ir, Os, Ni, W, Pd und/oder Ru enthält, oder aus einem zweiten Material besteht, das als Hauptbestandteil wenigstens 50 Gew.-% Ir und zusätzlich Rh, Pt, Os, Ni, W, Pd und/oder Ru enthält.

11. Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze (100), mit den Schritten:

Anfertigen einer Mittelelektrode (30);
Platzieren einer Masseelektrode (40), so dass sie eine Mittelelektrodengegenfläche (43) hat, die der Mittelelektrode (30) über einen Funkenspalt (40) zugewandt ist;

Anfertigen eines Edelmetallelements (45) mit einer Länge (L) und einem sich über die Länge hinweg gegenüberliegenden ersten und zweiten Ende; und
Verbinden des Edelmetallelements (45) an dem ersten Ende mit der Mittelelektrodengegenfläche (43) der Masseelektrode (40) durch Abstrahlen eines Laserstrahls (LZ) aus einer zur Mittelelektrodengegenfläche (43) diagonalen Richtung zu einer Ecke (45b) hin, die durch eine sich von dem ersten Ende fortsetzenden Seitenwand (45a) des Edelmetallelements und der Mittelelektrodengegenfläche (43) der Masseelektrode definiert wird, um einen Abschnitt des Edelmetallelements (45) und einen Abschnitt der Masseelektrode (40) aufzuschmelzen, wodurch zwischen dem Edelmetallelement und der Masseelektrode eine Verschweißung (44) gebildet wird.

12. Verfahren zur Herstellung einer Zündkerze (100), mit den Schritten:

Anfertigen eines Aufbaus aus einer Mittelelektrode (30) und einer Masseelektrode (40), bei dem die Mittelelektrode (30) elektrisch isoliert innerhalb einer Metallhülle (11) mit einer aus der Metallhülle vorragenden Spitze (35) eingebaut ist und die Masseelektrode (40) an der Metallhülle (11) mit einer Spitze (41) angebracht ist, die eine der Spitze (35) der Mittelelektrode zugewandte Mittelelektrodengegenflächenfläche (43) und eine Endfläche (47) aufweist;

Ausbilden einer Vertiefung (47a) in der Endfläche (47) der Masseelektrode (40);

Einbetten eines Edelmetallelements (65), so dass es zumindest teilweise in der Vertiefung (47a) in der Endfläche (47) der Masseelektrode (40) mit einer von der Mittelelektrodengegenflächenfläche (43) der Masseelektrode zur Spitze (35) der Mittelelektrode (30) vorragenden Spitze (66) eingebettet ist; und

Verbinden des Edelmetallelements (65) mit der Masseelektrode (40) durch Laserschweißen, um einen Schmelzabschnitt (64), d. h. eine sich aus miteinander

verschmolzenen Materialien der Masseelektrode (40) und des Edelmetallelements (65) zusammensetzende Verschweißung des Edelmetallelements und der Masseelektrode, auszubilden.

Hierzu 23 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

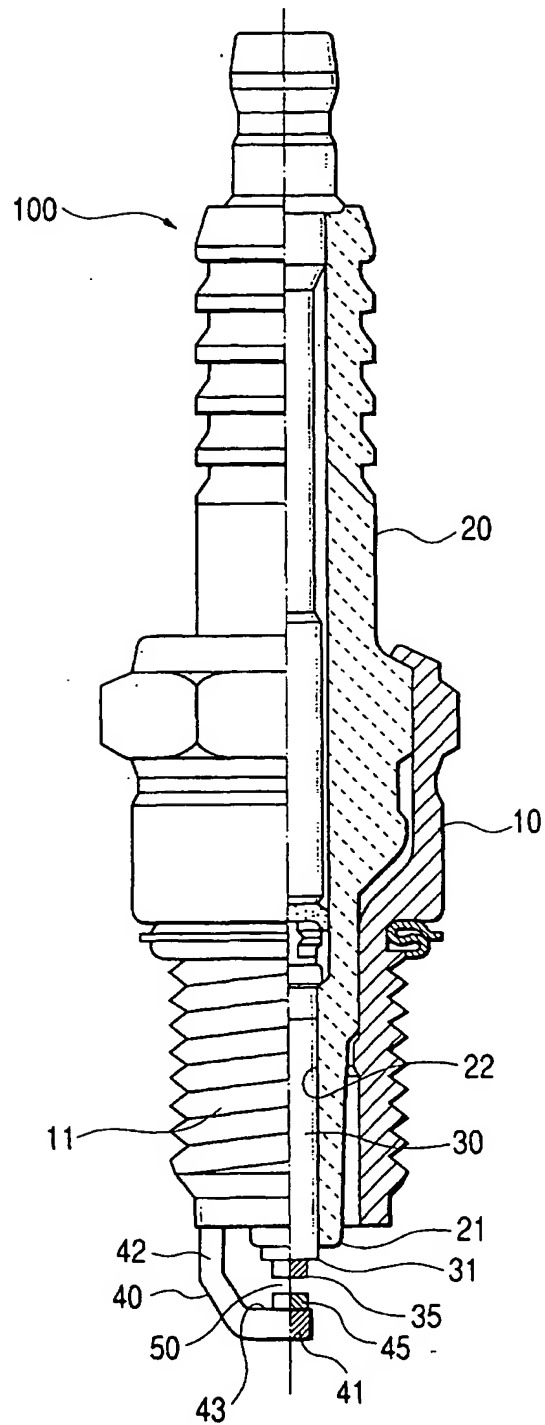
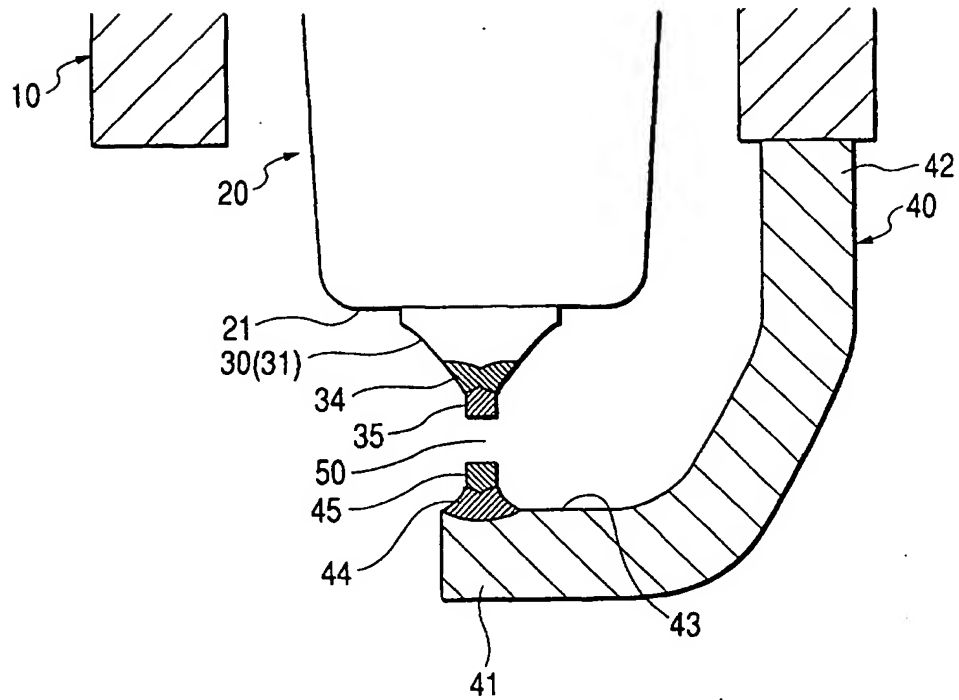


FIG. 2



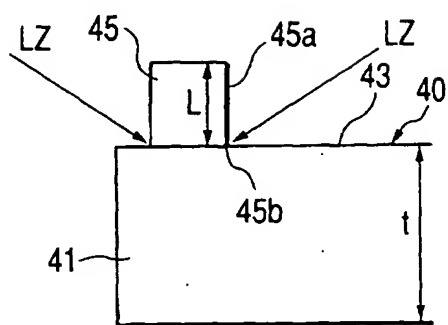


FIG. 3(a)

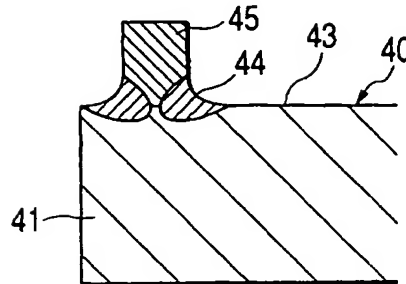


FIG. 3(c)

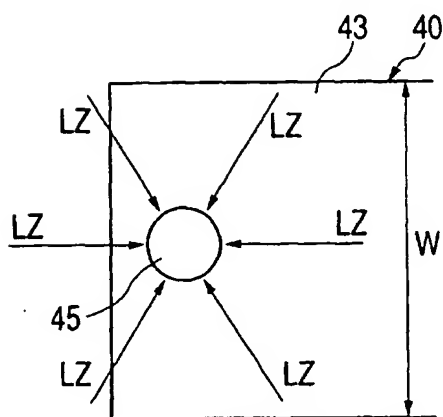


FIG. 3(b)

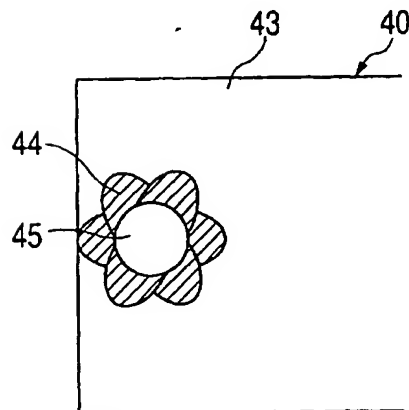


FIG. 3(d)

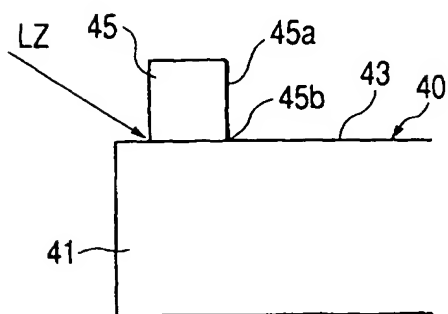


FIG. 4(a)

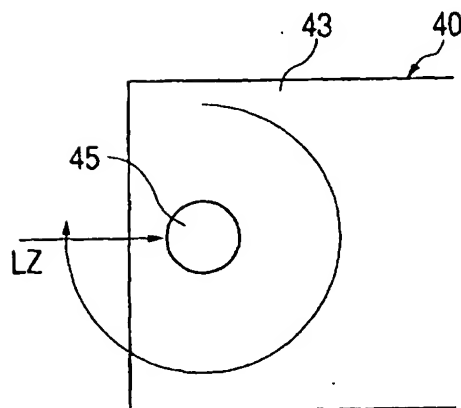


FIG. 4(b)

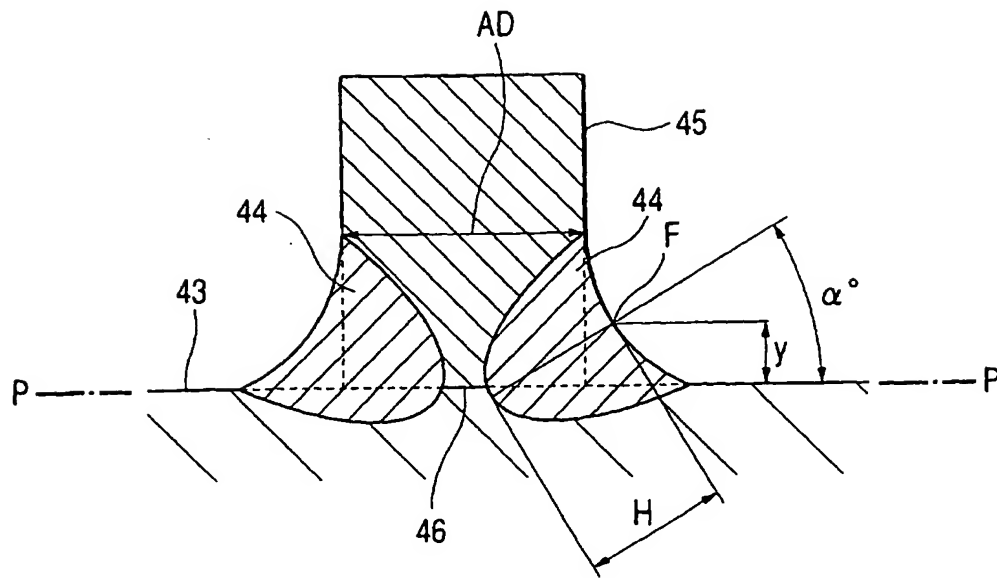


FIG. 5(a)

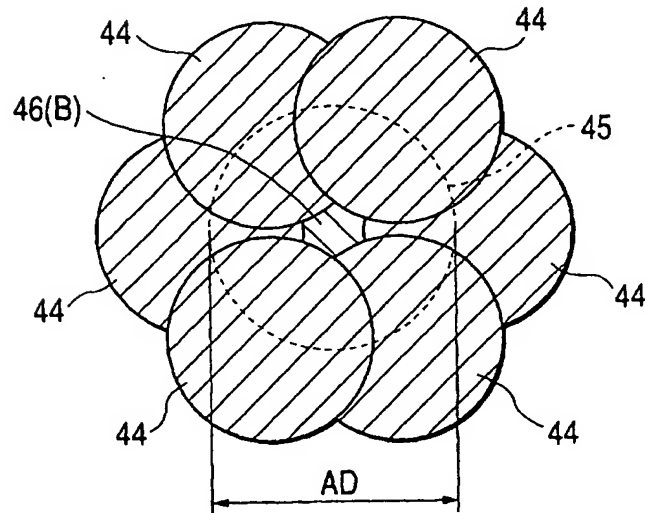


FIG. 5(b)

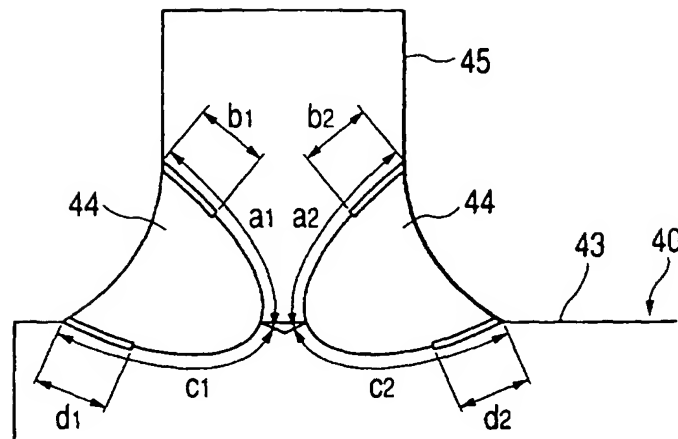


FIG. 6

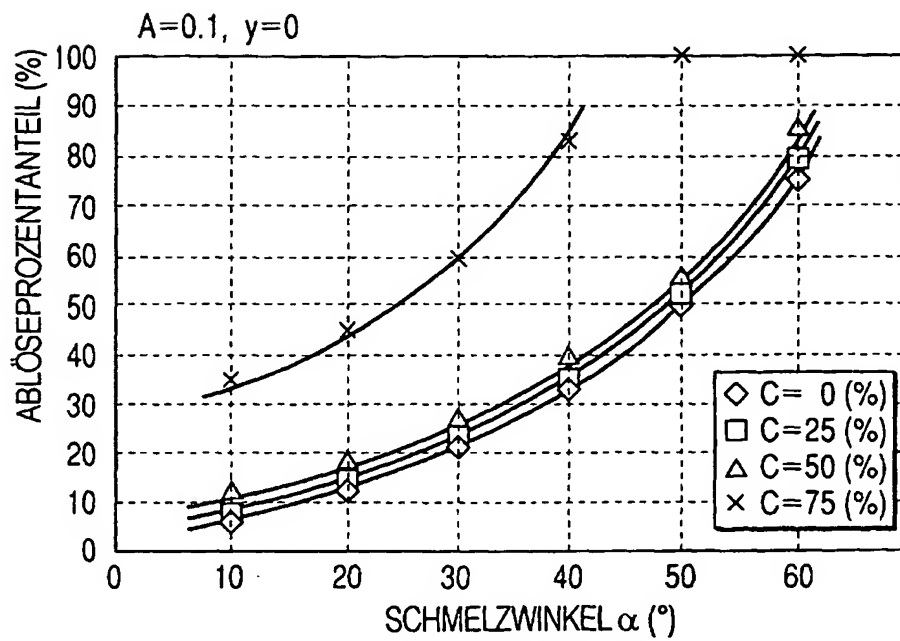


FIG. 7

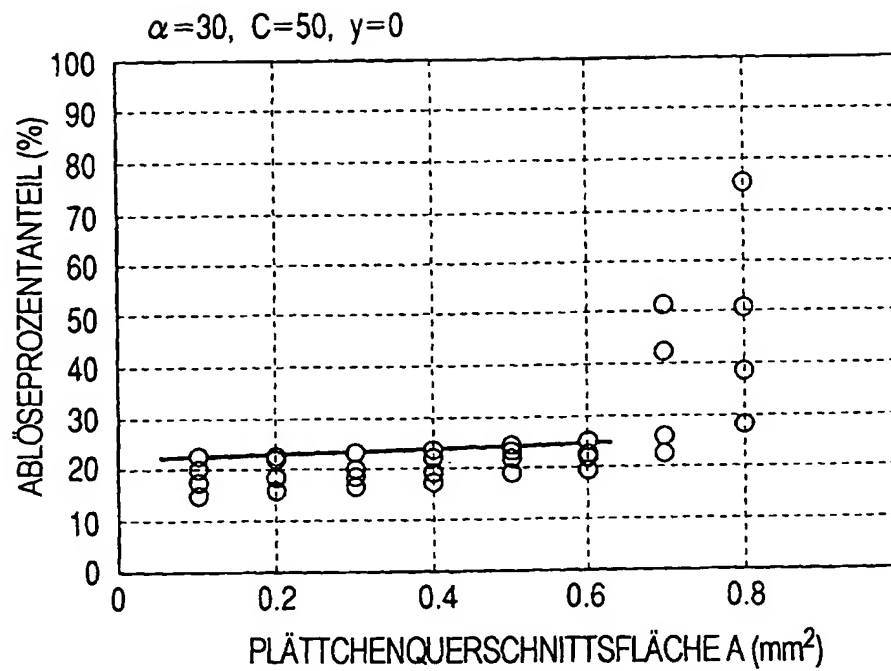


FIG. 8

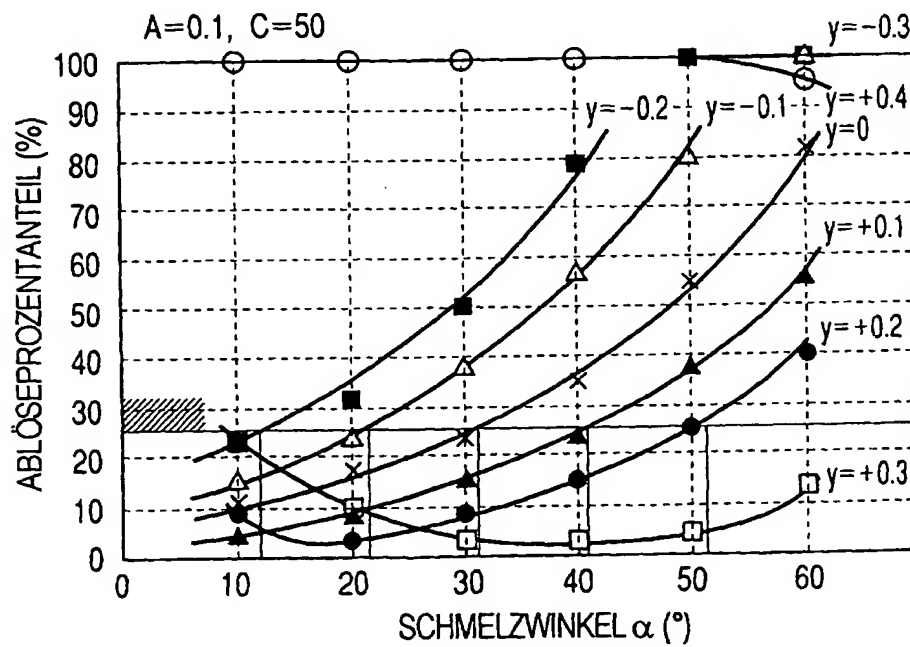


FIG. 9

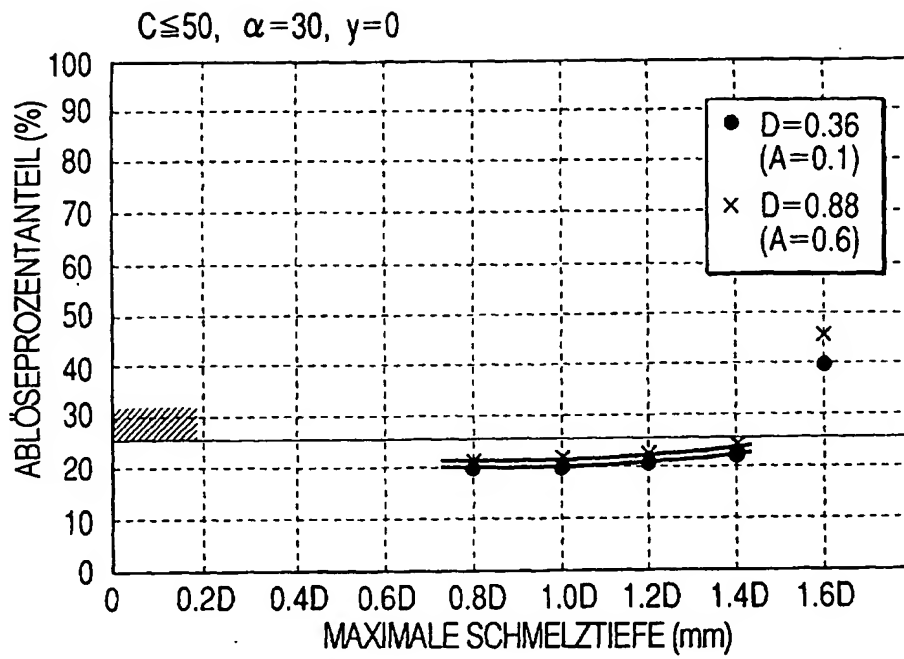


FIG. 10

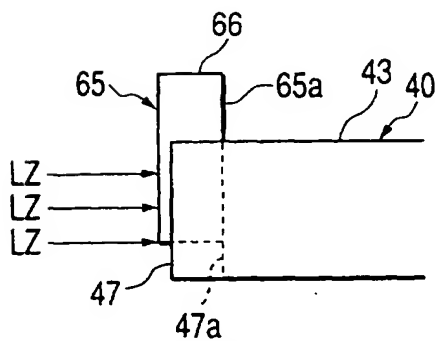


FIG. 11(a)

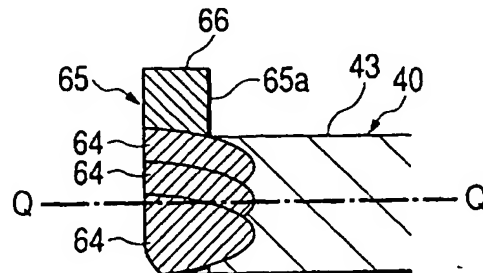


FIG. 11(c)

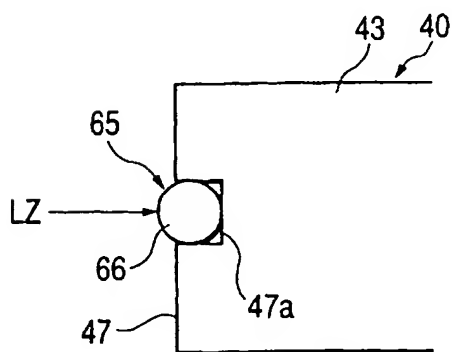


FIG. 11(b)

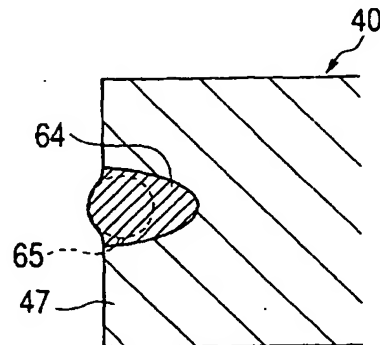


FIG. 11(d)

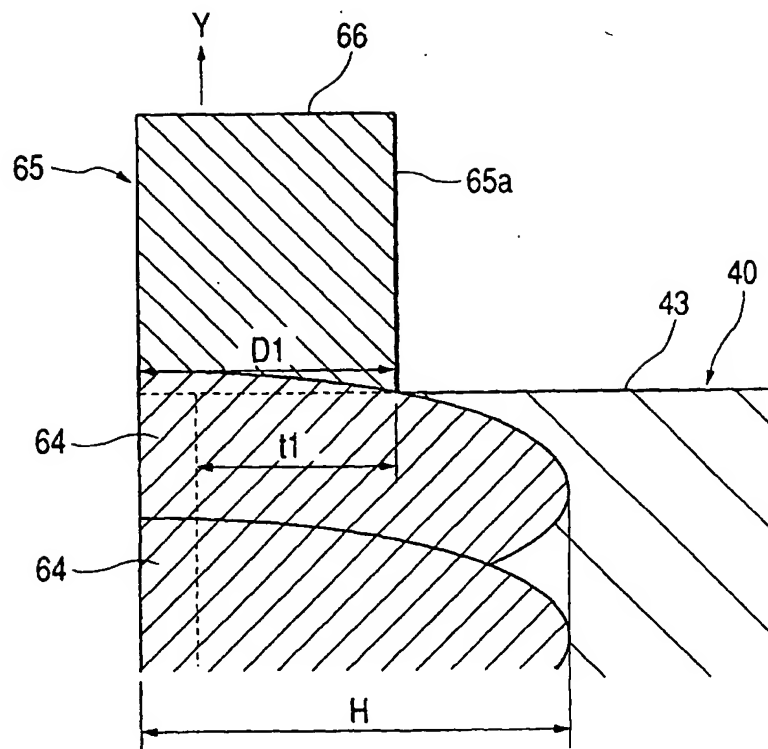


FIG. 12(a)

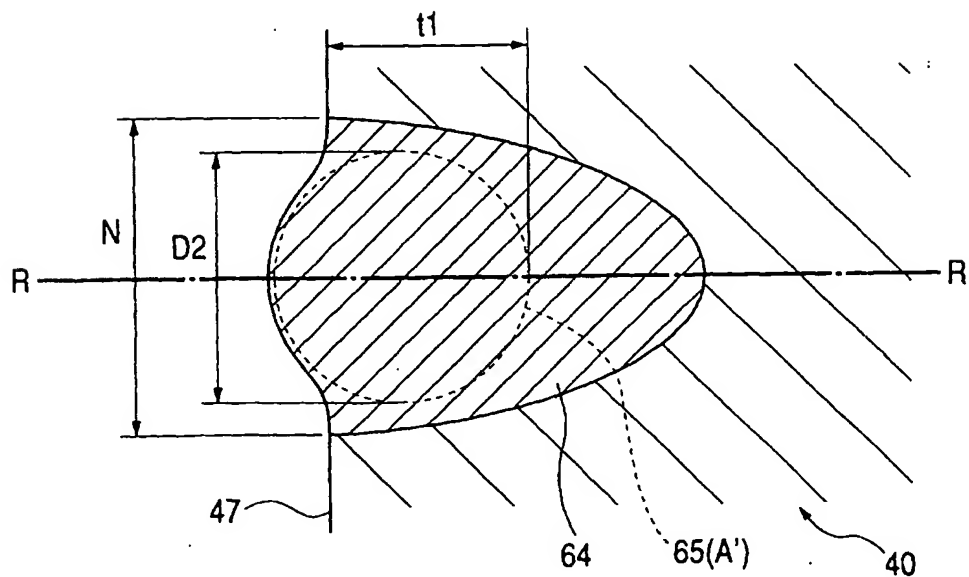


FIG. 12(b)

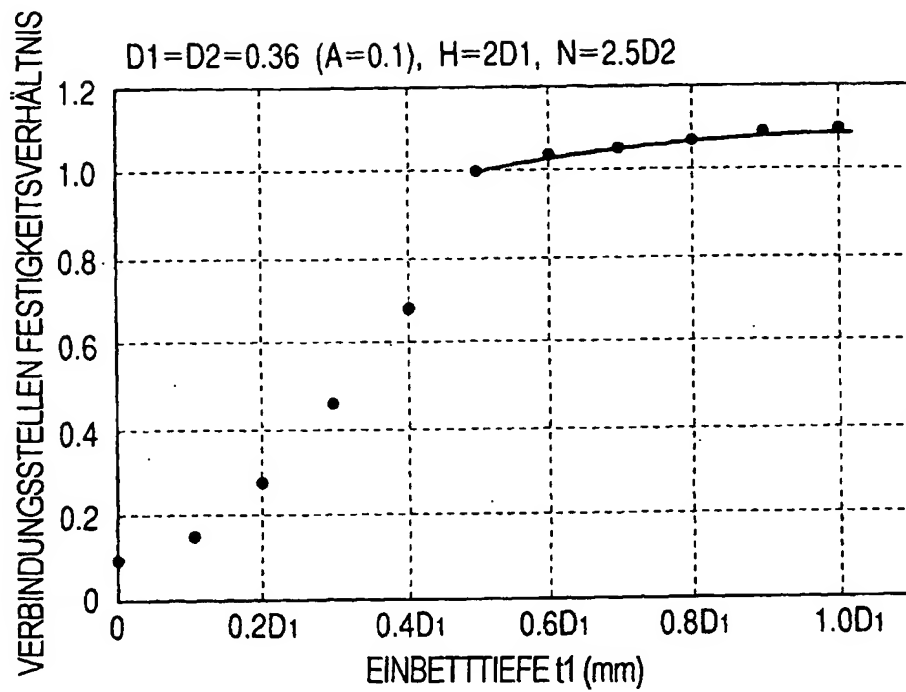


FIG. 13

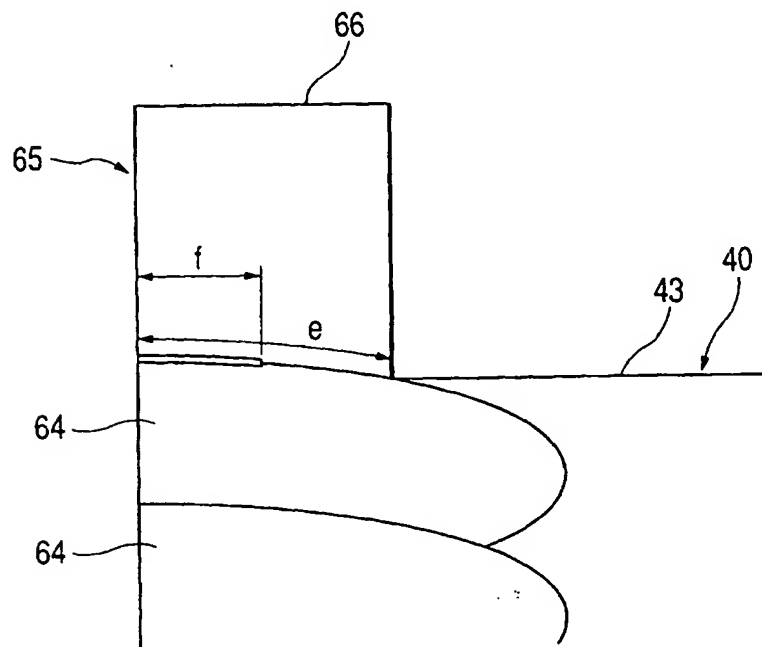


FIG. 14

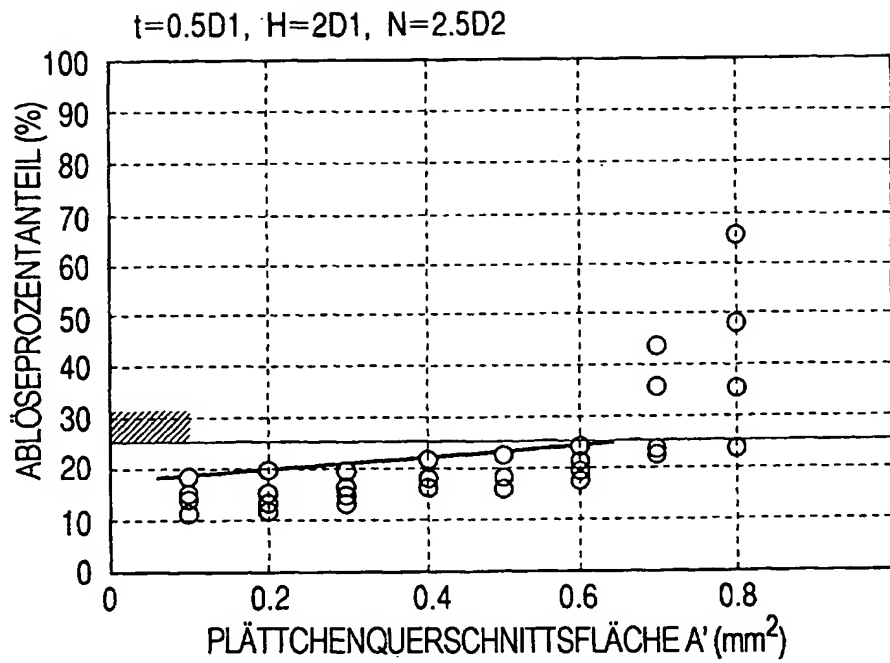


FIG. 15

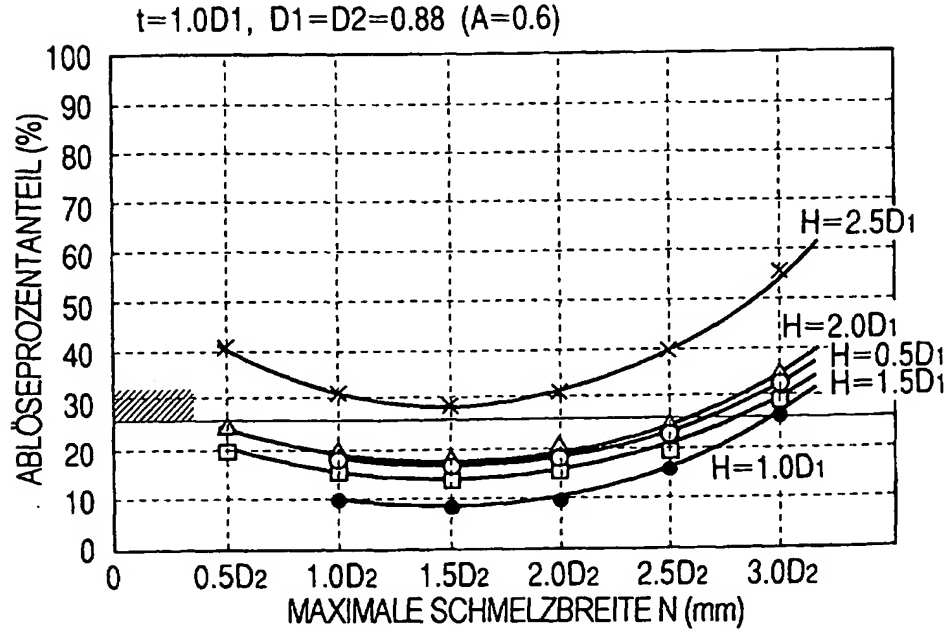


FIG. 16

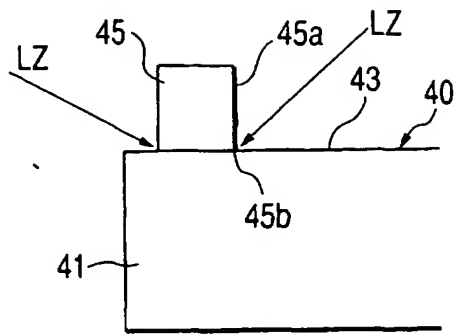


FIG. 17(a)

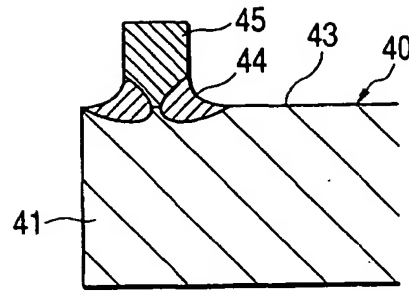


FIG. 17(c)

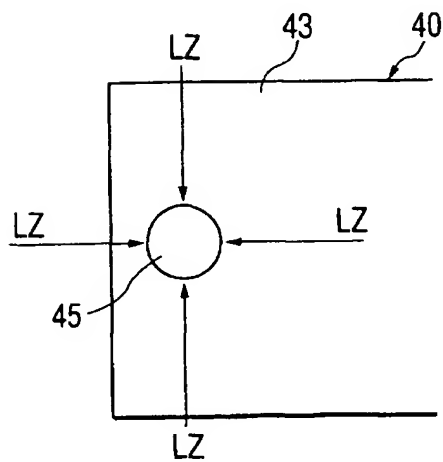


FIG. 17(b)

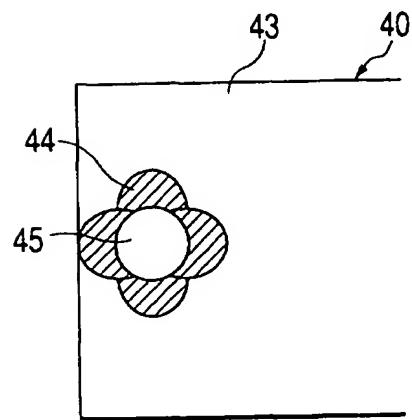


FIG. 17(d)

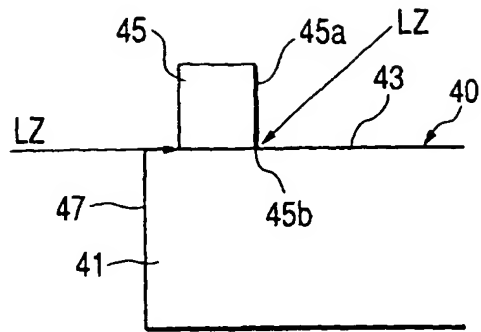


FIG. 18(a)

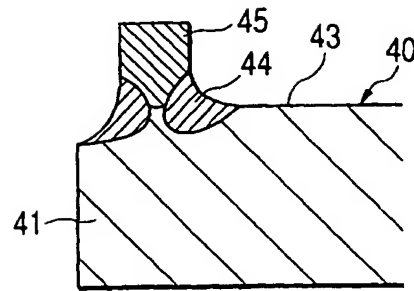


FIG. 18(c)

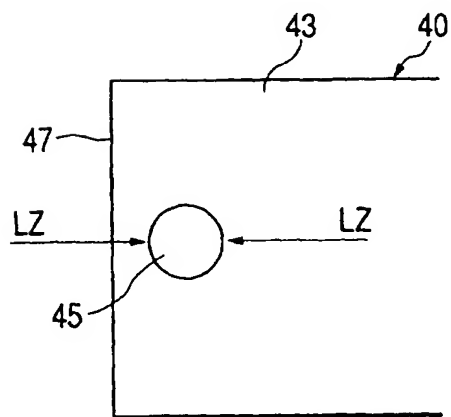


FIG. 18(b)

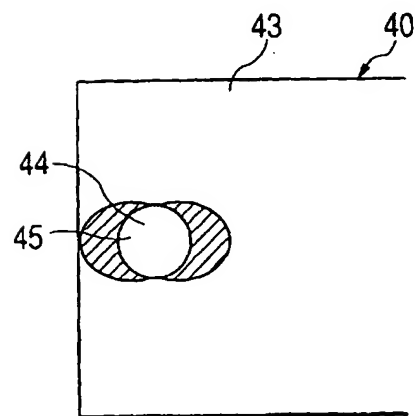


FIG. 18(d)

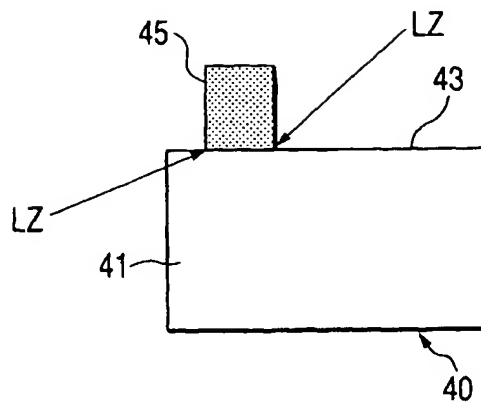


FIG. 19(a)

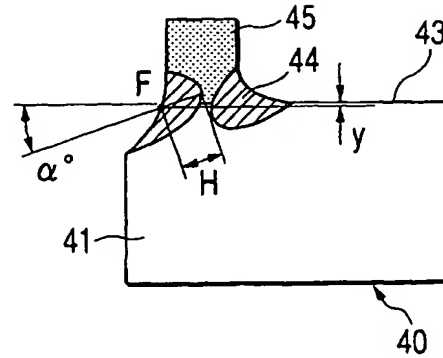


FIG. 19(c)

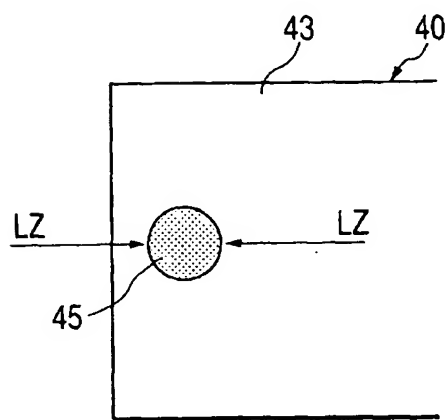


FIG. 19(b)

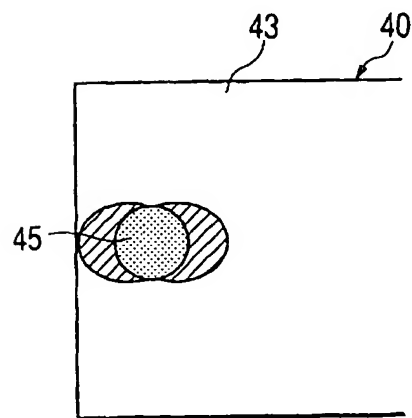


FIG. 19(d)

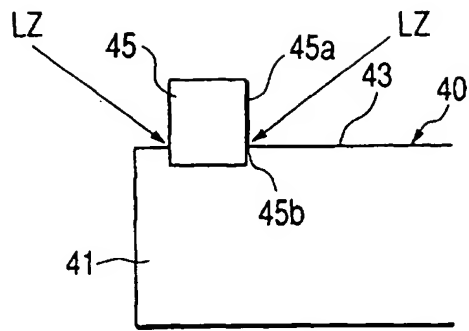


FIG. 20(a)

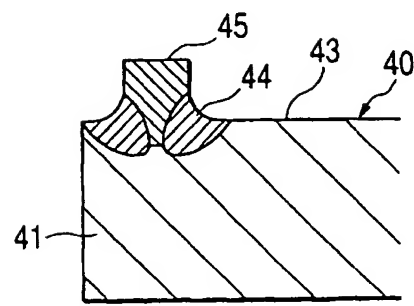


FIG. 20(c)

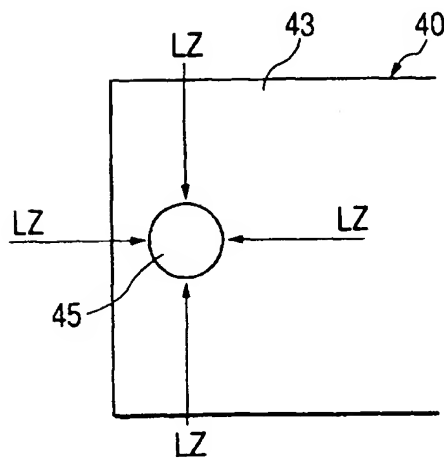


FIG. 20(b)

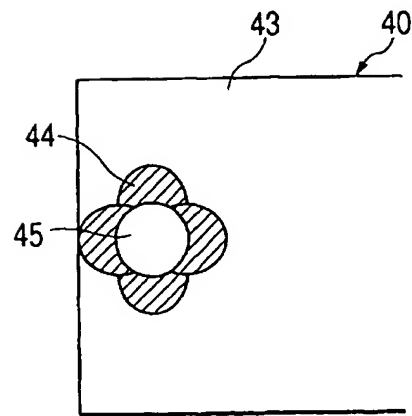


FIG. 20(d)

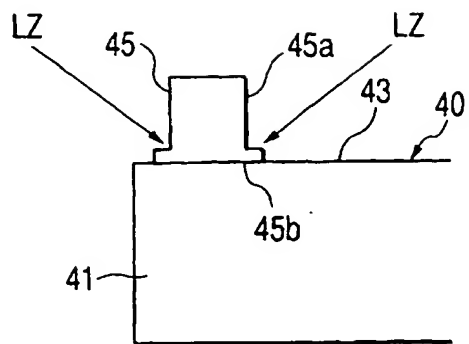


FIG. 21(a)

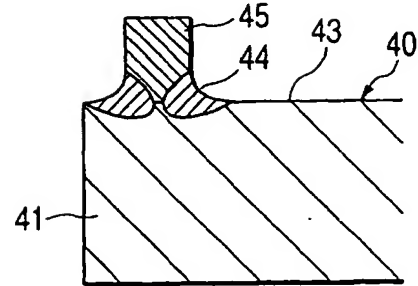


FIG. 21(c)

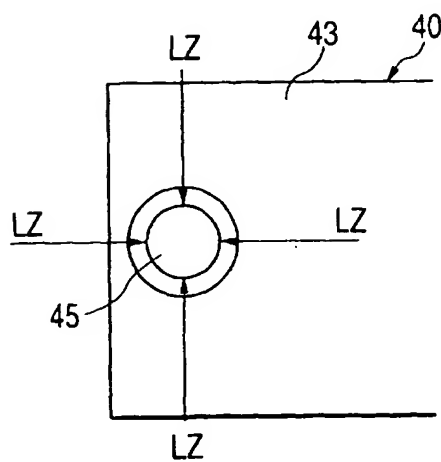


FIG. 21(b)

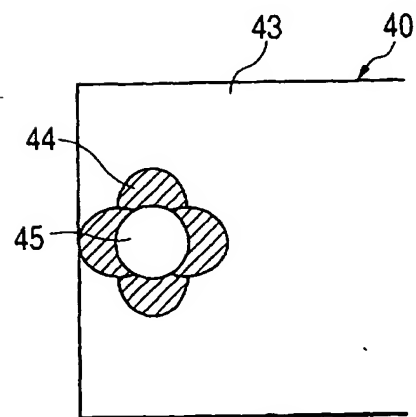


FIG. 21(d)

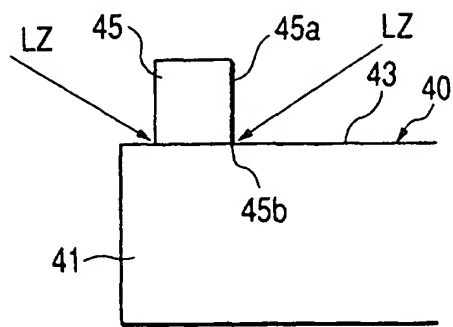


FIG. 22(a)

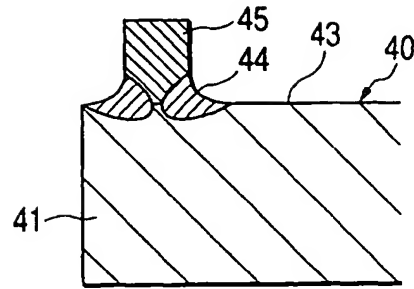


FIG. 22(c)

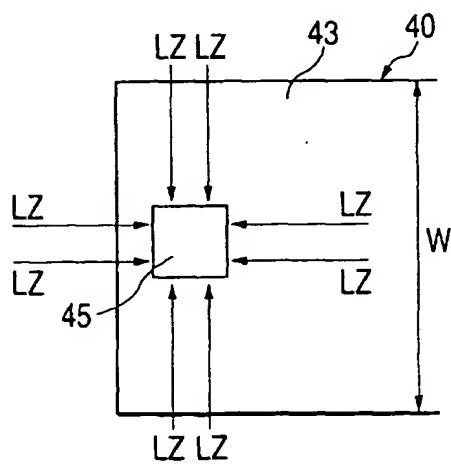


FIG. 22(b)

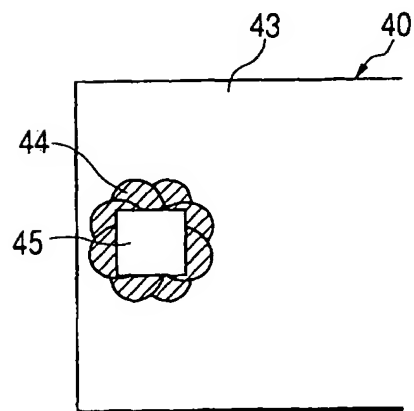


FIG. 22(d)

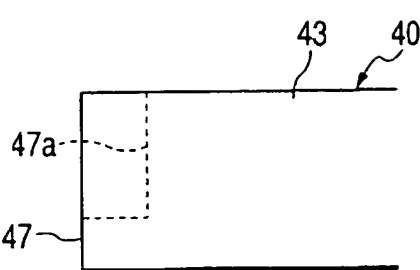


FIG. 23(a)

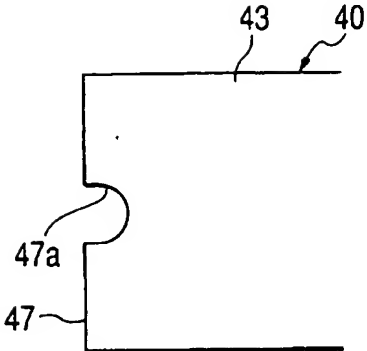


FIG. 23(c)

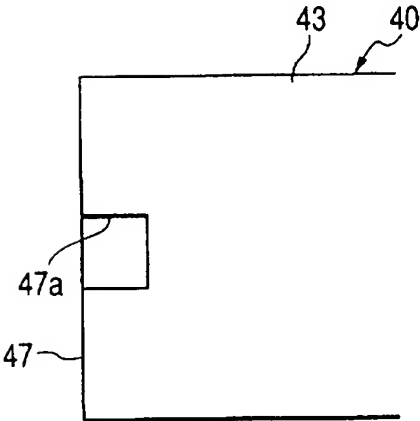


FIG. 23(b)

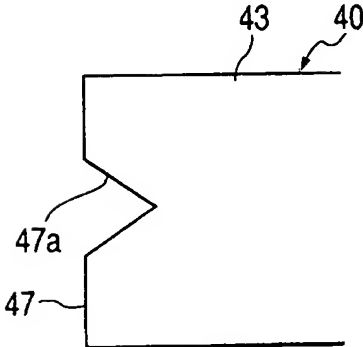


FIG. 23(d)

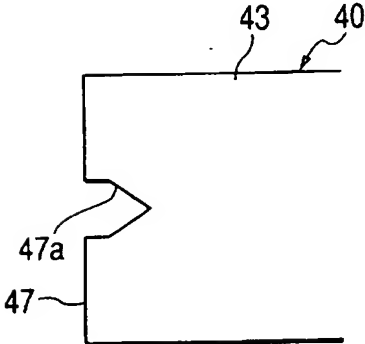


FIG. 23(e)

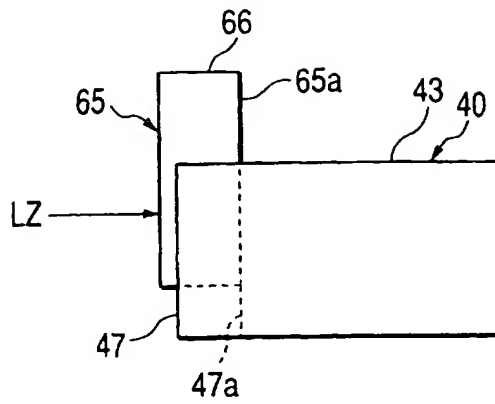


FIG. 24(a)

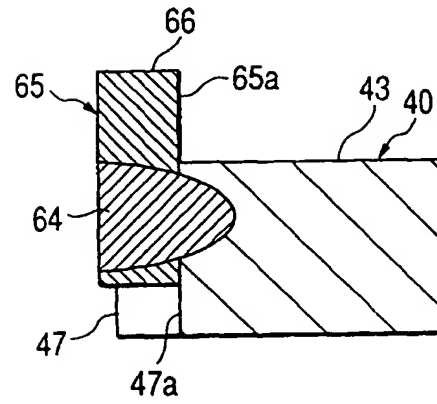


FIG. 24(c)

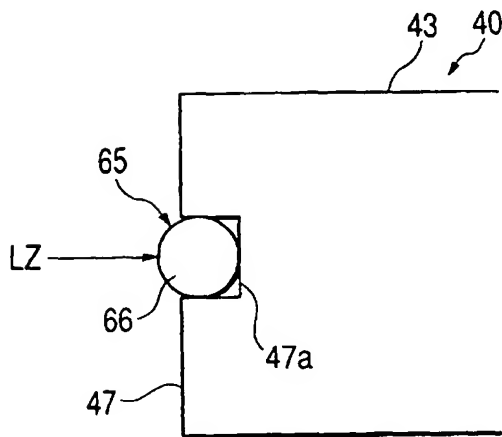


FIG. 24(b)

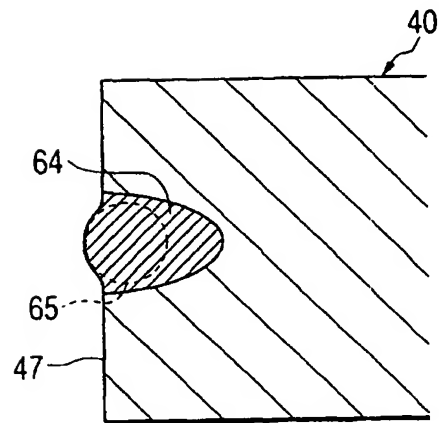


FIG. 24(d)

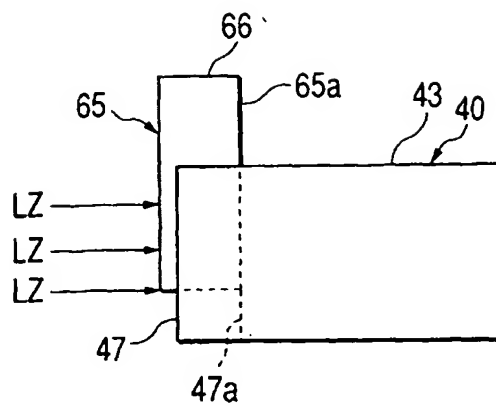


FIG. 25(a)

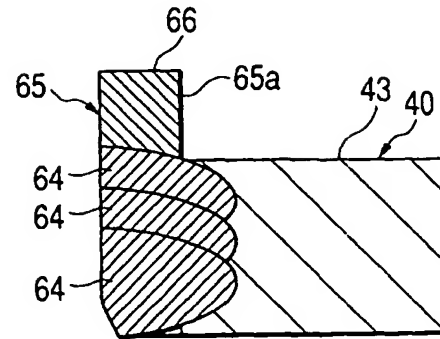


FIG. 25(c)

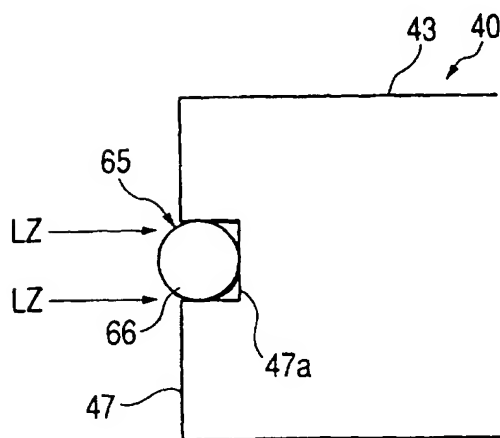


FIG. 25(b)

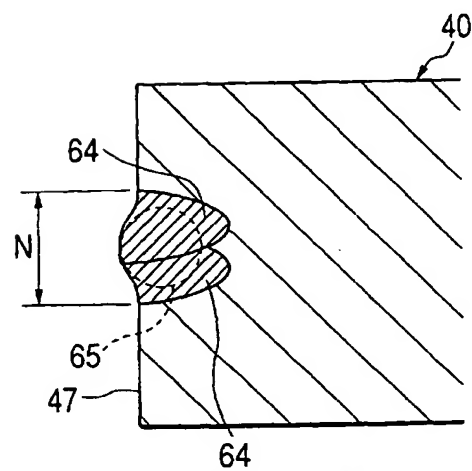


FIG. 25(d)

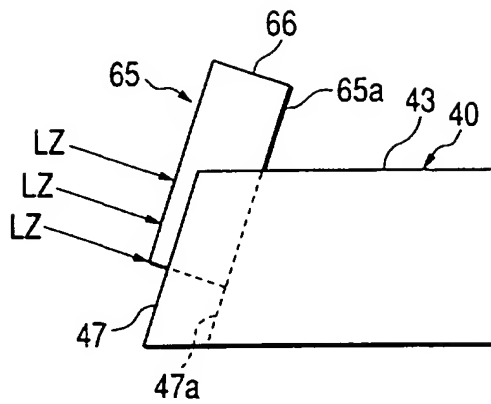


FIG. 26(a)

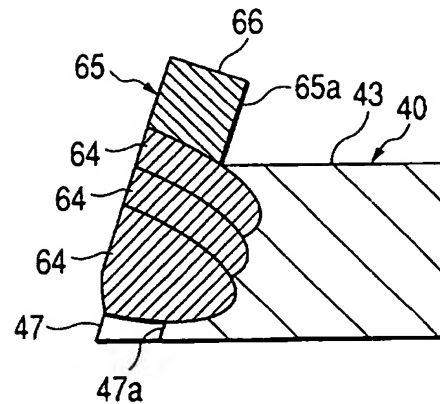


FIG. 26(b)

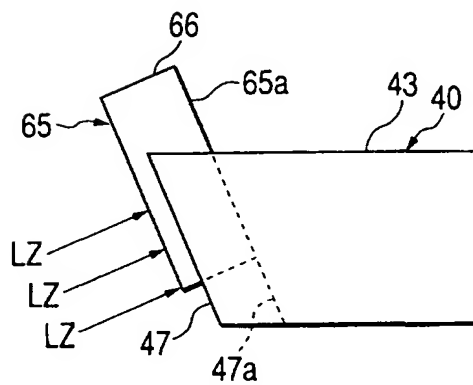


FIG. 26(c)

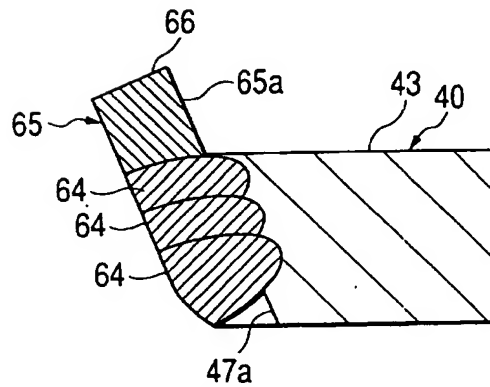


FIG. 26(d)

FIG. 27 (a)

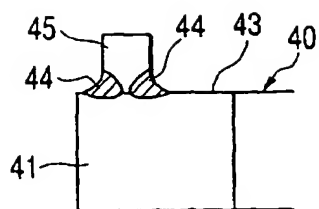


FIG. 27 (c)

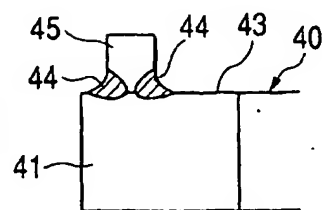


FIG. 27 (b)

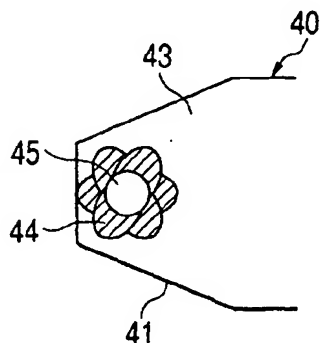


FIG. 27 (d)

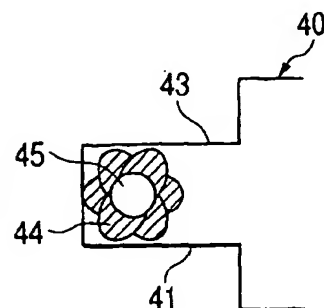


FIG. 27 (e)

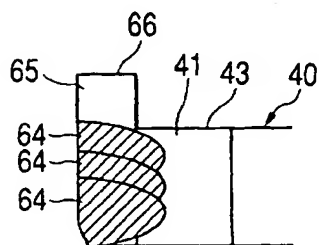


FIG. 27 (g)

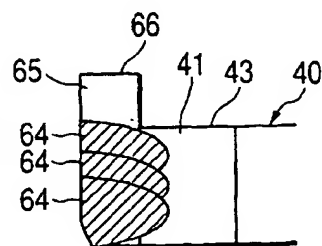


FIG. 27 (f)

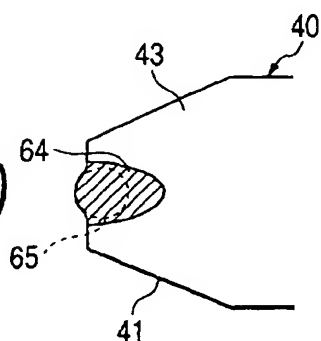
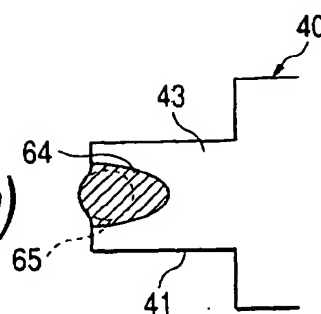


FIG. 27 (h)



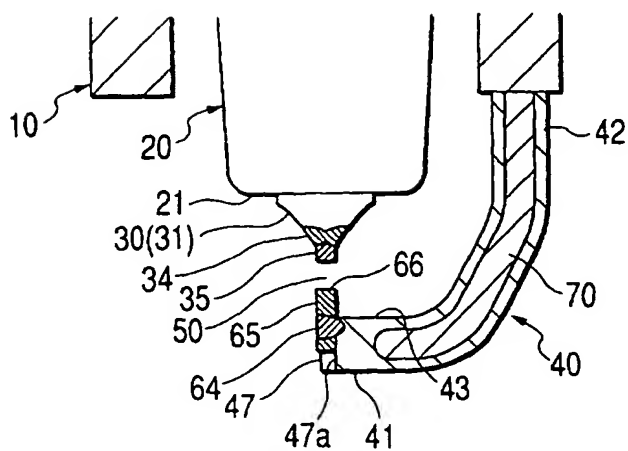


FIG. 28(a)

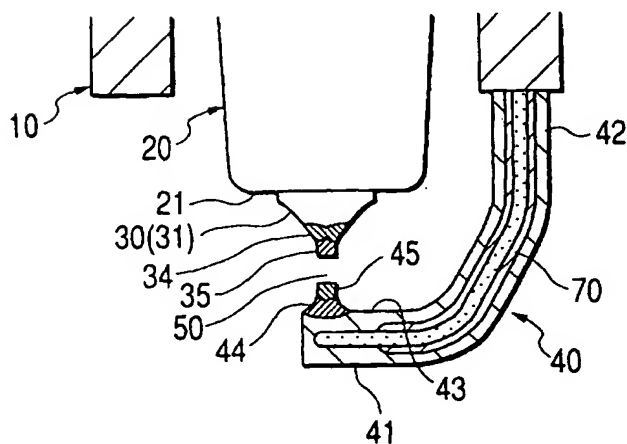


FIG. 28(b)

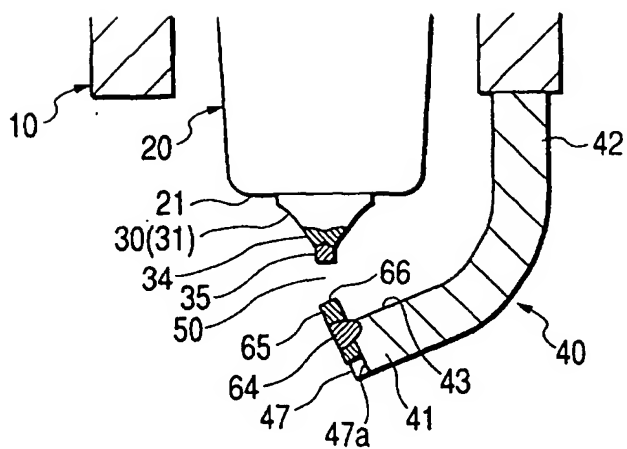


FIG. 29(a)

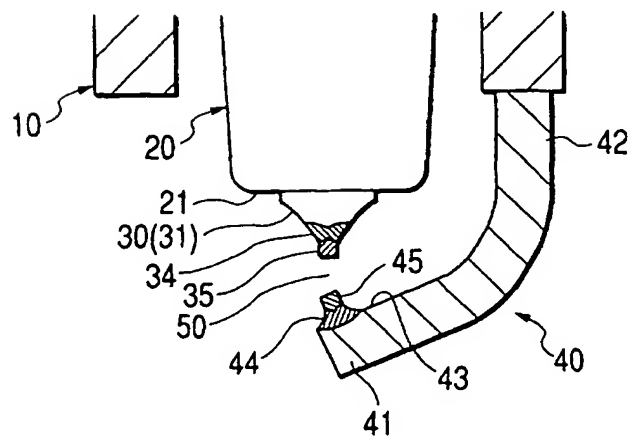


FIG. 29(b)

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

014835987 **Image available**

WPI Acc No: 2002-656693/200270

XRPX Acc No: N02-519150

Spark plug for engines, has noble metal chip whose sectional area is of
preset value, welded with ground electrode

Patent Assignee: DENSO CORP (NPDE); NIPPONDENSO CO LTD (NPDE); HORI T
(HORI-I); KANAO K (KANA-I)

Inventor: HORI T; KANAO K

Number of Countries: 004 Number of Patents: 005

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
US 20020105254	A1	20020808	US 200266606	A	20020206	200270 B
DE 10205078	A1	20020912	DE 1005078	A	20020207	200270
FR 2820552	A1	20020809	FR 20021515	A	20020207	200270
JP 2002237365	A	20020823	JP 200132475	A	20010208	200271
FR 2829307	A1	20030307	FR 20021515	A	20020207	200325
			FR 200210572	A	20020826	

Priority Applications (No Type Date): JP 200132475 A 20010208

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

US 20020105254	A1		35	H01T-013/20	
----------------	----	--	----	-------------	--

DE 10205078	A1			H01T-013/20	
-------------	----	--	--	-------------	--

FR 2820552	A1			H01T-013/20	
------------	----	--	--	-------------	--

JP 2002237365	A		19	H01T-013/20	
---------------	---	--	----	-------------	--

FR 2829307	A1			H01T-013/20	Add to application FR 20021515
------------	----	--	--	-------------	--------------------------------

Abstract (Basic): US 20020105254 A1

NOVELTY - A weld portion between noble metal chip (45) and a ground
electrode (40) is formed. The unfused sectional area percentage of
noble metal chip whose sectional area is 0.1-0.6 mm², is less than 50%.

The angle between the line through maximum depth of weld portion and
the ground electrode surface is less than 60 degrees.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is included for method
of fabricating a spark plug.

USE - For engines.

ADVANTAGE - Since the noble metal chip has preset sectional area,
provides higher degree of reliability and reduces thermal stresses of
the joint between the chip and the ground electrode and ensures high
ignitability of the fuel.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the sectional view of
the spark plug.

Ground electrode (40)

Noble metal chip (45)

pp; 35 DwgNo 1/29

Title Terms: SPARK; PLUG; ENGINE; NOBLE; METAL; CHIP; SECTION; AREA; PRESET
; VALUE; WELD; GROUND; ELECTRODE

Derwent Class: X22

International Patent Class (Main): H01T-013/20

International Patent Class (Additional): F02P-013/00; H01T-013/32;

H01T-013/39; H01T-021/02

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): X22-A01E1A; X22-A01E1E